



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE**

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY UPÍNAČE PRO  
LISOVÁNÍ PLASTŮ**

SUGGESTION OF THE MANUFACTURING TECHNOLOGY OF A FASTENER FOR PLASTIC MOLDING

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. Tomáš Duda**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. Aleš Jaroš, Ph.D.**

**BRNO 2019**

# Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Bc. Tomáš Duda**  
Studijní program: Strojní inženýrství  
Studijní obor: Strojírenská technologie  
Vedoucí práce: **Ing. Aleš Jaroš, Ph.D.**  
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

## Návrh technologie výroby upínače pro lisování plastů

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diplomová práce je zaměřena na renovaci poškozených dílů upínače pro lisování plastů a navržení nových technologických postupů pro výrobu jednotlivých součástí.

### Cíle diplomové práce:

1. Rozbor upínače pro lisování plastů.
2. Charakteristika použitých technologií.
3. Charakteristika řezných materiálů.
4. Renovace poškozených dílů upínače.
5. Sestavení technologického postupu jednotlivých dílů upínače.

### Seznam doporučené literatury:

FOREJT, M. a PÍŠKA, M. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 255 s. ISBN 80-214-2374-9.

HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. Praha: MM publishing, s.r.o., 2008. 235 s. ISBN 978-80-2-4-2250-2.

MATTOX, M. Handbook of Physical Vapour Deposition (PVD) Processing. 2nd ed. Albuquerque (USA): APR, 2010. 917 s. ISBN 978-0-8155-2037-5.

PTÁČEK, L. Nauka o materiálu I. 2., opr. a rozš. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 80-7204-283-1.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá vyhotovením technologických postupů vedoucím k optimálnímu způsobu řešení opravy poškozených dílu upínače a vytvoření výrobních postupů pro výrobu nových součástí sestavy. Teoretická část je zaměřena na rozbor problematiky, stanovení materiálu poškozených dílců pro budoucí výrobu a navržen polotovár. Dále je rozebrána technologie výroby z hlediska použitých technologií. Ta zahrnuje i popis nástrojových materiálů. Praktická část diplomové práce je zaměřena na návrh technologických postupů pro opravu poškozených dílu, které je nutné v co nejkratším čase opravit. Pro budoucí výrobu nových dílu jsou v druhé polovině praktické části navrženy výrobní postupy včetně jejich popisu. V závěru práce jsou zhodnoceny varianty opravy a výroby nových součástí.

### **Klíčová slova**

Oprava, výroba, technologický postup, tvrdochrom, obrábění.

## **ABSTRACT**

This thesis convey the information about the creation of technological procedures leading to the optimal way of repairing damaged parts of the fixture and creating production procedures for the production of new parts of the assembly. The theoretical part is focused on the analysis of the issue, determination of material of damaged parts for future production and designed semi-finished product. Furthermore, the technology of production from the point of view of used technologies is discussed. This includes a description of the tool materials. The practical part of the thesis is focused on the design of technological procedures for repairing damaged parts, which must be repaired as soon as possible. For the future production of new parts, the second half of the practical part includes the manufacturing processes including their description. There are evaluated variants of repair and production of new parts at the end of the thesis.

### **Key words**

Repair, manufacturing, technological advancement, chroming, machining.

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

DUDA, T. *Návrh technologie výroby upínače pro lisování plastů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie, 2018. 75 s., 9 příloh. Vedoucí diplomové práce Ing. Aleš Jaroš, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Návrh technologie výroby upínače pro lisování plastů** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

24.5.2019

Datum

Bc. Tomáš Duda

**PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto Ing. Aleši Jarošovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování diplomové práce.

**OBSAH**

ABSTRAKT .....	4
PROHLÁŠENÍ.....	6
PODĚKOVÁNÍ .....	7
OBSAH.....	8
ÚVOD.....	10
1 ROZBOR UPÍNAČE PRO LISOVÁNÍ PLASTŮ .....	11
1.1 Konstrukčně-funkční popis součástí .....	11
1.2 Použitý materiál .....	11
1.3 Návrh polotovarů pro výrobu nových dílů.....	12
1.3.1 Rozměry polotovarů pro výrobu nových dílů.....	12
1.3.2 Volba polotovaru pro výrobu nových dílů.....	13
2 CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH TECHNOLOGIÍ A CHEMICKO- TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ.....	14
2.1 Charakteristika použitých technologií.....	14
2.1.1 Soustružení.....	14
2.1.2 Frézování .....	17
2.1.3 Vrtání .....	21
2.1.4 Broušení .....	23
2.2 Charakteristika chemicko-tepeelného zpracování .....	28
2.2.1 Tvrdé chromování.....	28
2.2.2 Cementování .....	28
2.2.3 Kalení.....	30
2.2.4 Popouštění.....	33
3 CHARAKTERISTIKA ŘEZNÝCH MATERIÁLŮ .....	34
3.1 Nepovlakované slinuté karbidy.....	34
3.1.1 Popis jednotlivých skupin.....	34
3.1.2 Struktura a vlastnosti slinutých karbidů.....	35
3.2 Povlakované slinuté karbidy .....	35
3.2.1 Metody povlakování .....	36
3.3 Cermety .....	38
3.4 Řezná keramika.....	39
3.5 Supertvrde řezné materiály .....	40
3.5.1 Polykrystalický diamant .....	40
3.5.2 Kubický nitrid boru.....	41



4	RENOVACE POŠKOZENÝCH DÍLŮ UPÍNAČE .....	42
4.1	Technologický postup opravy součástí .....	42
4.2	Výrobní zařízení.....	42
4.3	Technologický rozbor výrobních operací .....	46
5	SESTAVENÍ TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ UPÍNAČE .....	49
5.1	Technologický postup výroby součástí .....	49
5.2	Technologický rozbor výrobních operací .....	49
	ZÁVĚR .....	53
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	59
	SEZNAM PŘÍLOH.....	61

## ÚVOD

Současná politika moderních firem tlačí na optimalizaci všech podnikových procesů a zefektivňování výrobních činností, jejímž hlavním cílem je snižování nákladů. Z tohoto důvodu je snaha dodavatele v kooperaci se zákazníkem zvolit optimální možnost vyřešení daného problému, nejen z hlediska finančního, ale také časového, se zohledněním dlouhodobé funkčnosti a použitelnosti výrobku.

Tato diplomová práce se zabývá vyhotovením technologických postupů vedoucímu k optimálnímu způsobu řešení opravy poškozených dílu upínače a vytvoření výrobních postupů pro výrobu nových součástí sestavy. Proces technologie výroby je pro mne z konstruktérského hlediska zajímavý a vybral jsem si jej proto, že je na něm možné vyzkoušet a uplatnit znalosti získané studiem a praxí.

V důsledku nepřetržitého provozu výrobního zařízení došlo k opotřebení ploch tří komponent upínače. Vznikla vůle mezi součástmi upínače a úniku provozní kapaliny oleje, což vede ke snížení tlaku provozní kapaliny v sestavě při upínání.

Z technologického hlediska je nutné použít takový sled operací pro opravu či výrobu nového dílu, který je v souladu s aktuálními podmínkami firmy. To se týká obráběcích, zušlechťovacích a dokončovacích operací. Většina operací bude probíhat v daném výrobním zařízení, s výjimkou povrchových a tepelných úprav, kterými firma nedisponuje.

V první kapitole teoretické části je obsažen stručný rozbor zakázky upínače a popisu použitého materiálu, včetně návrhu polotovaru pro výrobu nových komponent. Druhá kapitola pojednává o použitých technologiích, chemicko-tepelném zpracování a možnostech opravy či výroby nových výrobků s ohledem na požadavky zákazníka. Teoretická část je zakončena představením řezných materiálů, na které je kladen velký důraz, protože výrazně ovlivňují celkový výsledek výroby a její cenu.

Praktická část diplomové se opírá o poznatky popsané v teoretické části diplomové práce. Na jejich základě je navržen výrobní postup opravy a výroby komponentů a jejich popis.

Cílem této diplomové práce je zpracování renovace poškozených dílů a návržení komplexního výrobního plánu zahrnující výrobní postupy včetně zpracování technické dokumentace.

## 1 ROZBOR UPÍNAČE PRO LISOVÁNÍ PLASTŮ

Tato kapitola se zabývá rozбором a vyhodnocením zadaných součástí dle konstrukce (tvaru, přesnosti a zadaného materiálu). Dle vyhodnocení budou navrženy technologické postupy poškozených dílů a výroby nových.

### 1.1 Konstrukčně-funkční popis součástí

Oprava upínače se skládá ze tří poškozených součástí, u kterých došlo k opotřebení ploch, díky čemu vznikla vůle mezi opravovanými součástmi upínače a došlo k úniku provozní kapaliny v našem případě hydraulického oleje. Kvůli vysokému tlaku odepínání upínače jsou vnitřní tlaky v kanálcích pro vedení provozní kapaliny.

### 1.2 Použitý materiál

Použitý materiál u původních součástí byl určen pomocí stávající technické dokumentace na ušlechtilou konstrukční mangan-chromovou (Mn-Cr) ocel dle normy ČSN 42 0002 značená 14 220.3, která je určená k cementování, kyanování [1], nitridování a nitrocementování. Dle normy ČSN EN 10 027 může být značena také jako 16MnCr5 [3].

Ocel je dobře tvárná za tepla, po žhání na měkko i za studena, je dobře obrobitelná a svařitelná [2] se zaručeným rozmezím prokalitelnosti. Pro hladké obrábění je vhodné ocel zušlechtit na mez pevnosti v tahu  $R_m = (690-880)$  MPa [1].

Tato ocel je vhodná k použití pro strojní součásti pro zušlechťení a k cementování s velmi tvrdou cementovanou vrstvou s velkou pevností v jádře, jako jsou například hřídele, ozubená kola, vačkové hřídele nebo zubové spojky [2].

V následující tab. 1.1 je uvedeno chemické složení oceli 14 220.3.

Tab. 1.1 Chemické složení oceli 14 220.3 v % hmotnosti [3].

Uhlík (C)	Křemík (Si)	Mangan (Mn)	Fosfor (P)	Síra (S)	Chrom (Cr)
0,14–0,19	0,17–0,37	1,00–1,30	max. 0,035	max. 0,035	0,80–1,10

V tab. 1.2 jsou základní vlastnosti oceli, jako je mez pevnosti, mez kluzu a tvrdost dle Brinella. Dále obsahuje třídu odpadu potřebnou pro rozdělení odpadu vzniklém při třískovém obrábění.

Tab. 1.2 Přehled vlastností oceli 14 220.3 [2, 4, 5].

Označení podle ČSN EN	Mechanické vlastnosti					Třída odpadu
	Mez pevnosti R <sub>m</sub> [MPa]	Mez kluzu R <sub>e</sub> [MPa]	Tvrdost dle Brinela [HB]		Tvrdost cementované dle Vickerse [HRC]	
14 220.3	780–850	min. 588	Po kalení	Po žhání na měkko	Po kalení	021
			208-269	max. 197	63	

Vhodné metody tepelného zpracování ke zpracování této oceli, mezi které patří například žihání, cementování a kalení, včetně doporučených postupů jsou uvedeny v následující tab. 1.3.

Tab. 1.3 Doporučené postupy tepelného zpracování oceli ČSN 14 220 [2].

Způsob		Teplota [°C]	Postup
Normalizační žihání		880–920	Ochlazovat na vzduchu
Cementování	v plynu	900–930	Ochlazovat na vzduchu nebo v ochlazovací jednotce
	v prášku	860–900	Ochlazovat v cementační krabici nebo na vzduchu
	v solné lázni	890–910	Ochlazovat na vzduchu
Žihání na měkko		680–720	Ochlazovat na peci
Kalení		810–840	Ochlazovat v oleji nebo v lázni při teplotě (150–200) °C
Popouštění		150–200	Ochlazovat na vzduchu

### 1.3 Návrh polotovarů pro výrobu nových dílů

Polotovar je definován jako materiál, který je určen pro výrobu daného finálního výrobku a byly na něm již dokončeny určité výrobní procesy. Polotovar se svým tvarem a rozměry přibližuje finálnímu produktu. Jeho výběr závisí na řadě faktorů, z nichž mezi nejdůležitější patří ekonomický. Polotovar musí dále splňovat následující podmínky [6]:

- optimální přídavky na obrábění,
- minimální spotřeba materiálu,
- minimální vynaložená práce na výrobu.

Mezi nejčastějšími polotovary používanými ve výrobě patří [6]:

- tyčový materiál (hutní),
- výkovky a výlisky z oceli, neželezných kovů a plastů,
- svařence, odlitky, výpalky z tlustých plechů,
- výstřižky a výlisky z plechů,
- polotovary zhotovené práškovou technologií.

#### 1.3.1 Rozměry polotovarů pro výrobu nových dílů

Minimální průměr polotovaru se určí z empirického vzorce [6]:

$$D'_0 = 1,05 \cdot D_{\max} + 2 \text{ [mm]} \quad (1.1)$$

Součást č.1 „ADAPTER“

$$D'_{01} = 1,05 \cdot 87,5 + 2 = 93,875 \text{ mm}$$

Součást č.2 ,GRUNDANSCHLAG‘

$$D'_{02} = 1,05.48 + 2 = 52,4 \text{ mm}$$

Součást č.3 ,ZENTRIERSCHEIBE‘

$$D'_{03} = 1,05.130 + 2 = 138,5 \text{ mm}$$

Na délku je stanoven přídavek u všech součástí 2 mm na každé čelo polotovaru vzhledem ke způsobu dělení materiálu. Celková délka polotovarů je potom  $L_{01} = 131 \text{ mm}$ ,  $L_{02} = 84 \text{ mm}$ ,  $L_{03} = 36,5 \text{ mm}$ .

### 1.3.2 Volba polotovaru pro výrobu nových dílů

Polotovarem pro výrobu součástí byla zvolena v rámci možností dodavatele tyč ocelová, kruhová, válcovaná za tepla, určena k cementování dle normy EN 10084 o průměrech:

$$D_{01} = 95 \text{ mm},$$

$$D_{02} = 55 \text{ mm},$$

$$D_{03} = 140 \text{ mm}.$$

Délky polotovaru jsou stanoveny v předchozí kapitole na:

$$L_{01} = 131 \text{ mm},$$

$$L_{02} = 84 \text{ mm},$$

$$L_{03} = 36,5 \text{ mm}.$$

Hmotnosti polotovarů byly určeny dodavatelem při poslání cenové nabídky na materiál na:

$$m_{01} = 1,24 \text{ kg},$$

$$m_{02} = 0,55 \text{ kg},$$

$$m_{03} = 1,17 \text{ kg}.$$

## 2 CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH TECHNOLOGIÍ A CHEMICKO-TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ

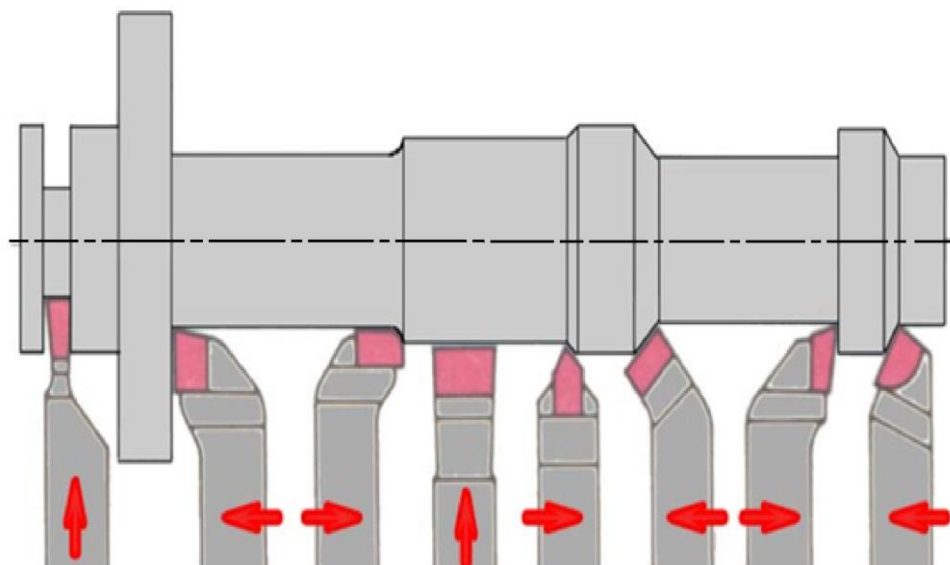
Pro výrobu konečného dílce je potřebné projít různými operacemi, přičemž každá operace se zabývá odlišnou technologií výroby nebo chemicko-tepelným zpracováním.

### 2.1 Charakteristika použitých technologií

V následujících kapitolách jsou rozebrány technologie použité při výrobě nebo opravě součástí.

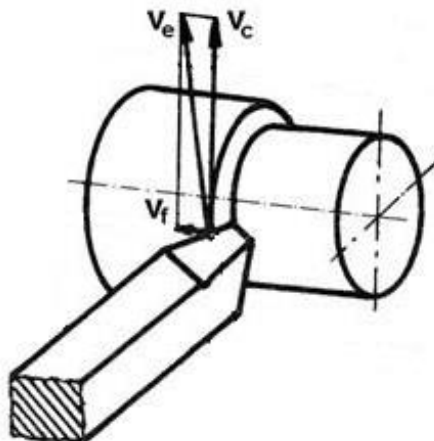
#### 2.1.1 Soustružení

Soustružení je obráběcí metoda používaná pro zhotovení součástí rotačních tvarů, většinou pomocí jednobřitých nástrojů různého provedení. Z mnoha hledisek představuje soustružení nejjednodušší způsob obrábění a také nejpoužívanější metodu obrábění ve strojírenství [7]. Na obr. 2.1 je zobrazeno základní rozdělení nožů dle výsledného tvaru polotovaru.



Obr. 2.1 Rozdělení nožů dle vykonávané soustružnické práce [8].

### 2.1.1.1 Kinematika řezného procesu



Obr. 2.2 Kinematika řezného procesu [9].

Výpočet řezné rychlosti  $v_c$ , posuvové rychlosti  $v_f$  a rychlosti řezného pohybu  $v_e$  se stanoví dle vztahů [7]:

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n \cdot 10^{-3} \text{ [m.min}^{-1}\text{]}, \quad (2.1)$$

$$v_f = f \cdot n \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}, \quad (2.2)$$

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} \text{ [m.min}^{-1}\text{]}, \quad (2.3)$$

kde:

D [mm]	průměr obráběné plochy,
n [min <sup>-1</sup> ]	otáčky obrobku,
f [mm]	posuv na otáčku obrobku.

### 2.1.1.2 Nástroje pro soustružení

Soustružnické nože se rozlišují na radiální, které jsou nejčastěji užívané, dále prizmatické, kotoučové a tangenciální [7].



Obr. 2.3 Příklad radiálních soustružnických nástrojů s VBD [10].

Radiální nože lze dělit podle konstrukce, směru posuvového pohybu, způsobu obrábění, tvaru tělesa nože a použitého nástrojového materiálu [7].

V závislosti na konstrukci jsou radiální nože [7]:

- celistvé

Těleso i řezná část nože je z nástrojového materiálu. Použití u rychlořezných ocelí

- s pájenými břitovými destičkami

Břítová destička z řezného materiálu je pájená tvrdou pájkou na těleso nože z konstrukční oceli,

- s vyměnitelnými břitovými destičkami

Břítová destička z řezného materiálu je mechanicky upnuta v nožovém držáku z konstrukční oceli

Podle směru posuvového pohybu se rozlišují radiální nože [7]:

- pravé
- levé

Podle způsobu obrábění jsou radiální nože pro [7]:

- obrábění vnějších ploch,
- obrábění vnitřních ploch.

V každé z uvedených skupin se dále nože mohou členit dle typu operace na uběrací, zapichovací, upichovací, kopírovací, závitové a tvarové [7].

Podle tvaru tělesa nože existují radiální nože [7]:

- přímé,
- ohnuté.

### 2.1.1.3 Stroje pro soustružení

Soustruhy mají největší podíl strojírenské obráběcí techniky v různých provedení a vykazují různý stupeň automatizace (v dnešní době převážně CNC soustruhy). Z konstrukčně technologického hlediska rozlišujeme soustruhy [7]:

- hrotové,
- svislé,
- čelní,
- revolverové atd.

Na obr. 2.4 je vyobrazen soustruh použitý pro výrobě nových dílů.





Obr. 2.4 Soustruh SV 18 RA [11].

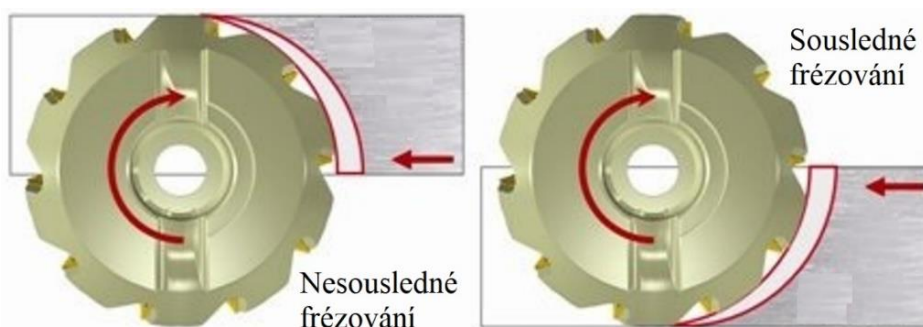
### 2.1.2 Frézování

Frézování je metoda obrábění materiálu, při které je materiál obrobku odebrán břitý rotujícího nástroje. Hlavní rotační pohyb u všech druhů frézování koná nástroj, posuvový pohyb koná obrobek. Z technologického hlediska rozlišuje frézování [7]:

- válcové,
- čelní.

Válcové frézování uplatňujeme hlavně při práci s válcovými frézami. Zuby frézy jsou vytvořeny pouze po obvodu nástroje a hloubka odebírané vrstvy se nastavuje kolmo na osu frézy a na směr posuvu. Obrobená plocha je rovnoběžná s osou otáčení frézy. V závislosti na kinematice obráběcího procesu se rozlišuje frézování [7]:

- nesousledné,
- sousledné.



Obr. 2.5 Kinematika sousledného a nesousledného frézování [12].

Na obr. 2.5 je zobrazen pohled na nástroj ze shora kinematiky sousledného a nesousledného frézování.

Při nesousledném frézování je smysl rotace nástroje proti směru posuvu obrobku. Obrobená plocha vzniká při vnikání nástroje do obrobku. Tloušťka třísky se postupně mění z nulové hodnoty na hodnotu maximální [7].

Při sousledném frézování je smysl rotace nástroje ve směru posuvu obrobku. Maximální tloušťka třísky vzniká při vnikání zubu frézy do obrobku. Obrobená plocha vzniká, když zub vychází ze záběru. Řezné síly působí obvykle směrem dolů, proti stolu stroje. Výhodou sousledného frézování je vyšší trvanlivost břitů, menší potřebný řezný výkon, menší drsnost obrobeného povrchu [7].

Čelní frézování se uplatňuje při práci s čelními frézami, které mají břity vytvořeny převážně na obvodě. Podle polohy osy frézy vzhledem k frézované ploše se rozlišuje [7]:

- symetrické,  
Osa nástroje prochází středem frézované plochy.
- nesymetrické frézování.  
Osa nástroje je mimo střed frézované plochy.

### 2.1.2.1 Kinematika řezného procesu

Hodnota řezné rychlosti se vypočítá stejně jako u soustružení podle vztahu [7]:

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n \cdot 10^{-3} \text{ [m.min}^{-1}\text{]}, \quad (2.4)$$

kde:

D [mm]                      průměr nástroje,

n [min<sup>-1</sup>]                      otáčky nástroje.

Základní posuvový pohyb je posuv na zub  $f_z$  [mm], což je délka dráhy, kterou ujede obrobek po dobu záběru zubu. Z posuvu na zub dále můžeme vypočítat posuv na otáčku  $f_n$  dle vztahu [7]:

$$f_n = f_z \cdot z \text{ [mm]}, \quad (2.5)$$

kde:

z [-]                      počet zubů na nástroji.

Posuvová rychlost můžeme potom vypočítat dle vztahu [7]:

$$v_f = f_n \cdot n \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}, \quad (2.6)$$

kde:

n [min<sup>-1</sup>]                      otáčky nástroje.

Výsledná rychlost řezného procesu odpovídá tedy [7]:

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} \text{ [m.min}^{-1}\text{]}. \quad (2.7)$$

### 2.1.2.2 Nástroje pro frézování

Vzhledem k velkému rozsahu obráběcí metody frézování se v současné době využívá mnoho typů nástrojů, tedy fréz, které lze v závislosti k jejich uplatnění třídit do jednotlivých skupin [7]:

- Podle umístění zubů na tělese nástroje se rozlišují frézy:
  - válcové,  
Zuby na válcové ploše.
  - čelní,  
Zuby na čelní ploše.
  - válcové čelní.  
Zuby na čelní i válcové ploše.
- Podle směru zubů vzhledem k ose rotace frézy se rozlišují frézy:
  - se zuby přímými,
  - zuby ve šroubovici.
- Podle počtu zubů vzhledem k průměru frézy.  
Pro klidný chod frézy by měly nejméně dva zuby v záběru.
- Podle konstrukčního uspořádání se rozlišují frézy
  - celistvé,  
Těleso i zuby jsou z jednoho materiálu.
  - frézy s vyměnitelnými břitovými destičkami.
- Podle geometrického tvaru funkční části se rozlišují frézy
  - válcové,
  - kotoučové,
  - úhlové,
  - na výrobu ozubení atd.
- Podle smyslu otáčení při pohledu od vřetena stroje se frézy dělí na
  - pravořezné,
  - levořezné.



Obr. 2.6 Příklad frézy čelní válcové [13].

### 2.1.2.3 Stroje pro frézování

Frézky neboli stroje pro frézování jsou vyráběny dle typů a různých velikostí. Rozlišujeme frézky podle tří základních skupin [7]:

- konzolové,
- stolové,
- rovinné (horizontální) atd.

Z hlediska ovládání pracovního cyklu se rozlišujeme frézky ruční a řízené programově (CNC) [7].



Obr. 2.7 CNC frézka MAS MCV 1016 QUICK [14].

### 2.1.2.4 Progresivní technologie frézování HSC

HSC (High Speed Cutting) neboli vysokorychlostní frézování. Metoda HSC je charakteristická vysokou řeznou rychlostí při procesu frézování a obrábění za sucha. Při zvýšení řezné rychlosti rostou otáčky nástroje a tím i posuvová rychlost obrobku a celkově se snižuje strojní čas. Vysokorychlostní frézování je dnes velmi často využíváno jako alternativní metoda dokončování tvarových ploch bez nutnosti broušení. Mezi výhody HSC frézování patří [15]:

- snížení obráběcích časů a zvýšení objemu odebraného materiálu ve srovnání s konvenčním obráběním o přibližně (30–50) %,
- snížení vzniku vibrací (vysoké otáčky vřetene jsou zpravidla mimo oblast samobuzeného kmitání),
- vysoká jakost a tvarová přesnost obrobenej plochy,

- snížení řezné síly vlivem menšího přechování třísky (až o 30 %),
- menší tepelné namáhání řezného nástroje a obrobku.

Nevýhody HSC frézování [15]:

- zvýšené požadavky na obsluhu,
- zvýšené finanční náklady na provoz,
- zajištění bezpečnosti obsluhy během obrábění.

### 2.1.3 Vrtání

Vrtání je typ obráběcí metody, kterou se tvoří vnitřní rotační plochy neboli otvory. Nástroj provádí hlavní řezný pohyb, který je rotační. Vedlejší posuvový pohyb provádí též nástroj [16].

Podle technologie vrtání a druhu, konstrukce a geometrie použitého vrtáku lze vrtání dělit na [16]:

- navrtávání středícím vrtákem,
- vrtání krátkých děr,

Poměr průměru ku délce díry  $1:5 \div 1:10$ .

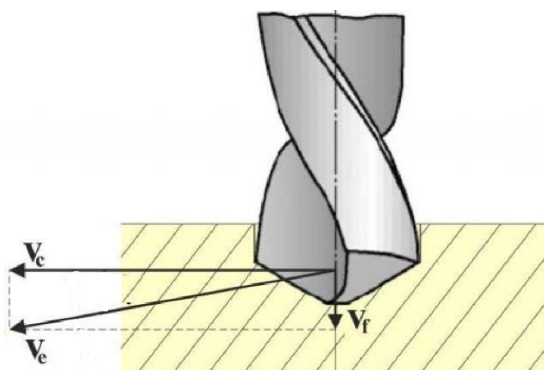
- vrtání krátkých děr do předvrtaných děr,
- vrtání hlubokých děr,

Poměr průměru ku délce díry je větší jak  $1:10$ .

- vrtání průchozích děr,
- speciální případy vrtání.

Vrtání děr v plechu, vrtání odstupňovaných děr, vrtání děr se současným vystružováním, závitováním, zahlubováním.

#### 2.1.3.1 Kinematika procesu vrtání



Obr. 2.8 Kinematika procesu vrtání [17].

Hodnota řezné rychlosti se vypočítá stejně jako u soustružení nebo frézování podle vztahu [16]:

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n \cdot 10^{-3} \text{ [m.min}^{-1}\text{]} \quad (2.8)$$

kde:

D [mm] průměr nástroje,

n [min<sup>-1</sup>] otáčky nástroje.

Základní posuvový pohyb je posuv na zub  $f_z$  [mm], což je délka dráhy, kterou ujede obrobek po dobu záběru zubu. Z posuvu na zub dále můžeme vypočítat posuv na otáčku  $f_n$  dle vztahu [16]:

$$f_n = f_z \cdot z \text{ [mm]}, \quad (2.9)$$

kde:

z [-] počet zubů na nástroji.

Posuvová rychlost můžeme potom vypočítat dle vztahu [16]:

$$v_f = f_n \cdot n \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}, \quad (2.10)$$

kde:

n [min<sup>-1</sup>] otáčky nástroje.

Výsledná rychlost řezného procesu odpovídá tedy [16]:

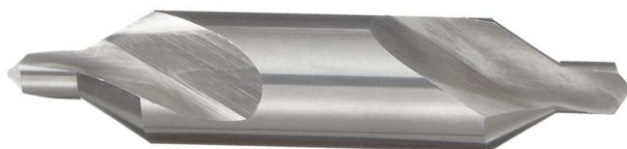
$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} \text{ [m.min}^{-1}\text{]}. \quad (2.11)$$

### 2.1.3.2 Nástroje pro vrtání

Podle technologie vrtání a druhu, konstrukce a geometrie nástroje lze vrtáky rozdělit do několika hlavních skupin [16]:

- středící vrtáky,
- šroubovitě vrtáky,
- kopinaté vrtáky,
- vrtáky s vyměnitelnou špičkou,
- vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami,
- korunkové vrtáky,
- dělové a hlavňové vrtáky,
- ejektorové vrtáky,
- vrtáky do plechu,
- odstupňované vrtáky,
- speciální sdružené nástroje.

Nejpoužívanějším nástrojem pro vrtání krátkých děr je dvoubřitý šroubovitý vrták. Vrtáky se vyrábí z rychlořezných ocelí bez povlaků, nebo s otěruvzdornými povlaky, které jsou většinou na bázi nitridu titanu (TiN) [16].



Obr. 2.9 Příklad středícího vrtáku [18].

### 2.1.3.3 Stroje pro vrtání

Vrtání, ale mimo jiné i vystružování a zahlubování se nejčastěji provádíme na vrtačkách. V případě potřeby můžeme realizovat na soustruzích a na automatizovaných obráběcích centrech.

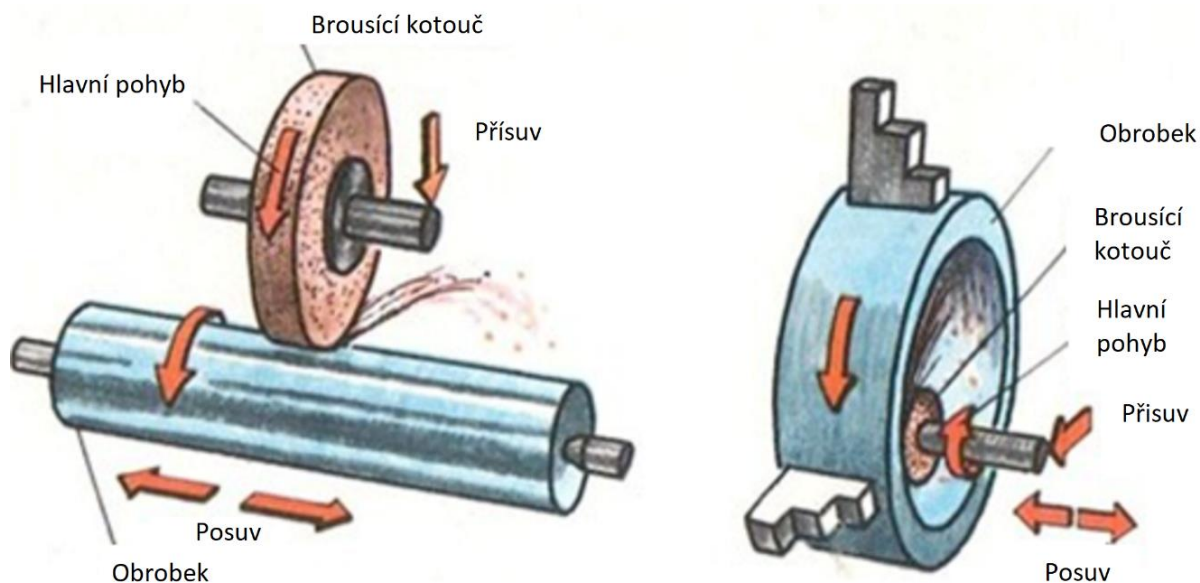
Nejčastější typy vrtaček dělíme dle konstrukčního provedení na:

- ruční,
- stolní,
- sloupové,
- otočné.

### 2.1.4 Broušení

Broušení lze považovat za obrábění nástrojem tvořeným zrný brusiva, která jsou spojena pojivem. Broušení je využíváno jako hlavní metoda dokončovacího procesu ve strojírenství [19].

Obr. 2.10 představuje princip práce na rovinných bruskách, přičemž na levé straně je broušení vnějších válcových ploch a na pravé straně broušení vnitřních válcových ploch.



Obr. 2.10 Princip práce na rovinných bruskách [20].

Podle typu brousícího nástroje se rozlišují dva druhy broušení a to [19]:

- vázaným pevným brusivem,

Zrna brusiva jsou stmelená pojivem do tvaru kotouče, brousícího tělíska, segmentu, brousícího kamene či nástroje jiného tvaru, nebo zrna přilepená k pružnému podkladu, kdy řezný nástroj je ve tvaru brousícího pásu.

- volným brusivem.

Využití zrn ve formě prášku pro broušení kapalinou nebo podobným způsobem obrábění tvrdých materiálů.

Nejčastěji se používá obrábění vázaným brusivem, které může být z korundu, karbidu křemíku, diamantu, kubického nitridu boru a dalších velmi tvrdých látek [19].

Broušení jako metoda obrábění na čisto se vyznačuje [19]:

- vysokou produktivitou určenou velikostí plochy obrobku, opracované za časovou jednotku,
- vysokou přesností obrobených rozměrů v mezích (2–3)  $\mu\text{m}$  i méně,
- velkou geometrickou přesností tvaru obrobených ploch,
- vysokou kvalitou povrchu a povrchové vrstvy obrobku s minimálním stavem napjatosti jeho materiálu,
- možností obrábění velmi tvrdých materiálů, protože zrna brusiva nástroje jsou velmi tvrdá a tepelně odolná.



Podle tvaru obrobeného povrchu a způsobu jeho vytváření se rozlišuje [19]:

- rovinné broušení (rovinné plochy),
- broušení do kulata (rotační povrchy),
- broušení na otáčivém stole (broušení s rotačním posuvem),
- tvarové broušení (broušení závitů, ozubených kol apod.),
- kopírovací broušení (broušení s řízenou změnou posuvu, NC a CNC stroje),
- broušení tvarovými brousicími kotouči (profil brousicího kotouče určuje konečný profil obrobku).

Podle aktivní části brousicího kotouče se specifikuje [19]:

- obvodové broušení (broušení obvodem kotouče),
- čelní broušení (broušení čelem kotouče, kolmým k jeho ose).

Podle vzájemné polohy brousicího kotouče a obrobku se charakterizuje [19]:

- vnější broušení (broušení vnějšího povrchu obrobku),
- vnitřní broušení (broušení vnitřního povrchu obrobku).

Při obrábění kovů není zásadní rozdíl mezi jednotlivými způsoby, protože vznik třísek probíhá vždy stejně na řezných plochách různými obráběcími nástroji nezávisle na konstrukci a tvaru nástroje. Ve všech případech je řezání postupný smyk nebo skluz jednotlivých částic. To zhruba platí i pro broušení kovů [19].

#### 2.1.4.1 Brousící nástroje

Brousící nástroje jsou tvořeny zrny tvrdých materiálů použitých jako brusiva  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , SiC, diamant, kubický nitrid boru atd., které jsou pevně vázány v tuhých či pružných tělesech různých velikostí a tvarů, nebo jsou nanesena na brousících páslech či papírech. Z uvedených typů nástrojů jsou pro brousící operace nejčastěji používány brousící kotouče [19].

Brousící kotouče se rozdělují [19]:

- standartní brousící kotouče

Brousící nástroje s keramickým pojivem, které mají univerzální použití, jsou ale křehké a citlivé vůči nárazům a bočnímu tlaku. Řezná kapalina brousícím nástrojům neškodí a při dobrém skladování se jejich vlastnosti nemění. Nástroje s pojivem z umělé pryskyřice jsou méně citlivé vůči nárazům a bočním tlakům, zvláště kotouče se sklo-textilní výztuží. Slouží k hrubování, broušení vnějších i vnitřních válcových ploch, rovinných ploch, řezání kovů, kamene a keramiky. Kotouče s pryžovým pojivem se používají na jemné ostření nástrojů, broušení vnějších válcových ploch, jako tenké řezací kotouče, podávací kotouče u bezhrotého broušení a zvláště elastické nástroje pro čištění a leštění. Nástroje s polyuretanovým pojivem jsou určeny pro jemné broušení a leštění [19].



Obr. 2.11 Příklad standartních brousících kotoučů [21].

- brousící kotouče ze supertvrdých materiálů

Základní tělesa brousících kotoučů ze supertvrdých materiálů jsou vyrobena z ocelí, nebo z hliníkových slitin z důvodu snížení hmotnosti. Funkční vrstva má pouze malou tloušťku a podle typu kotouče je vytvořena na jeho obvodu, čele, nebo jiné funkční ploše. Jednotlivá brousící zrna jsou ve funkční vrstvě vázána pojivem, které může být kovové nebo pryskyřičné [19].



Obr. 2.12 Příklad brousících kotoučů ze supertvrdých materiálů [22]

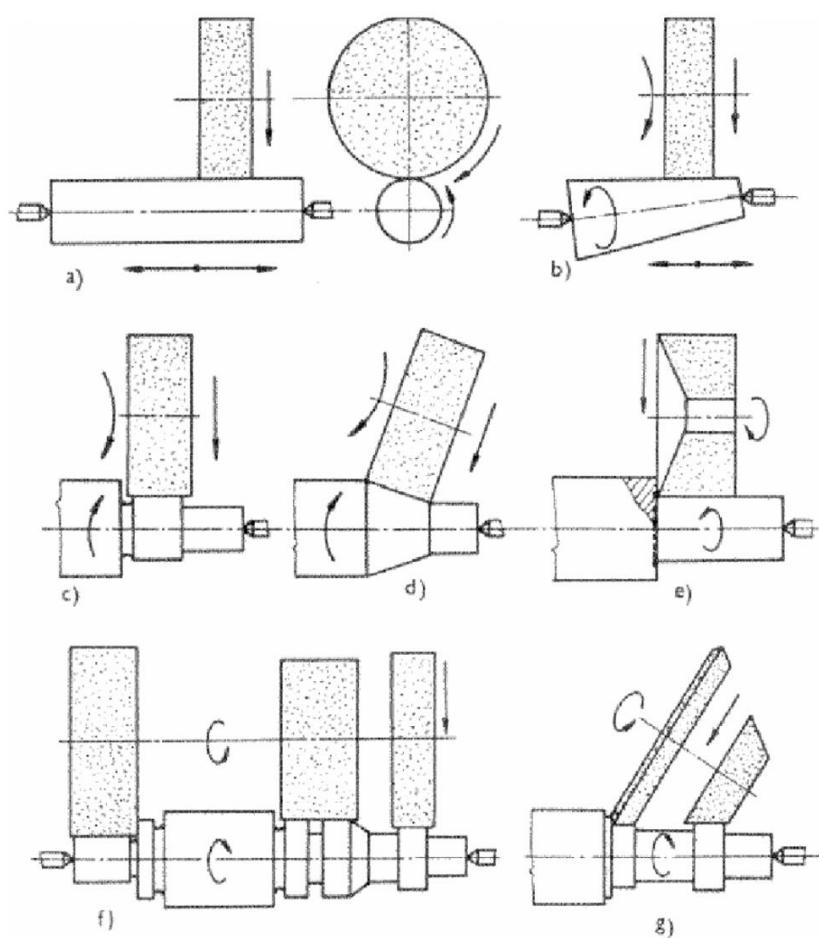
Při vyšších nárocích na klidný chod vřetene brusky je třeba brousící kotouč vyvažovat. Odstředivé síly nevyváženého kotouče jsou zdrojem vynucených kmitů (vibrací), které mají za následek zhoršení povrchu broušené plochy [19].

#### 2.1.4.2 Stroje pro broušení

Brousící stroje jsou rozdělené do více skupin a každá bruska se využívá jen na určitou metodu broušení. V dnešní době, s využitím CNC řízení je možnost brusky využívat na více metod dohromady. Brousící stroje dělíme na [19]:

- Vnější brusky
  - hrotové
  - profilové
  - rovinné
  - bezhroté

- Vnitřní brusky otvorové
- Univerzální
  - vodorovné
  - svislé
- Jiné
  - nástrojové
  - na ozubení



a),b) podélné;  
c),d) zapichovací;  
e) čelem brousícího kotouče;  
f),g) zapichovací několika kotouči současně.

Obr. 2.13. Způsoby broušení na hrotových bruskách [23].

## 2.2 Charakteristika chemicko-tepelného zpracování

V následujících kapitolách jsou popsány principy povrchových úprav k dosažení požadovaných vlastností.

### 2.2.1 Tvrdé chromování

Tvrdé chromování nebo taky známé pod pojmem tvrdochrom je elektrolytický proces k vytváření funkčních vrstev na součástech. Používá se především díky vysoké tvrdosti a ořezavzdornosti nebo prodloužení životnosti dílů. Mezi výhody tvrdého chromování je možnost nanášet silné vrstvy, díky čemuž se často používá na renovaci opotřebovaných dílů [24].

Chrom patří mezi látky s nejvyšším potenciálem ke způsobení rakovinových onemocnění. Příprava kyselinové lázně vyžaduje používání vysokého stupně ochrany pracovníků [24].

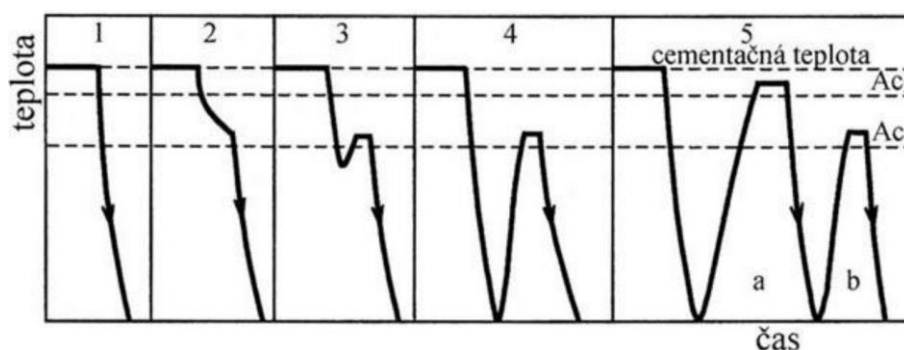
Rozlišujeme i černé chromování, které se používá pro dekorativní účely spotřebního průmyslu nebo v optice. Pracuje se s menší koncentrací oxidu chromového [24].

### 2.2.2 Cementování

Cementování je druh chemicko-tepelného zpracování, kde se kombinují vlastnosti velmi tvrdého povrchu a relativně houževnatého jádra.

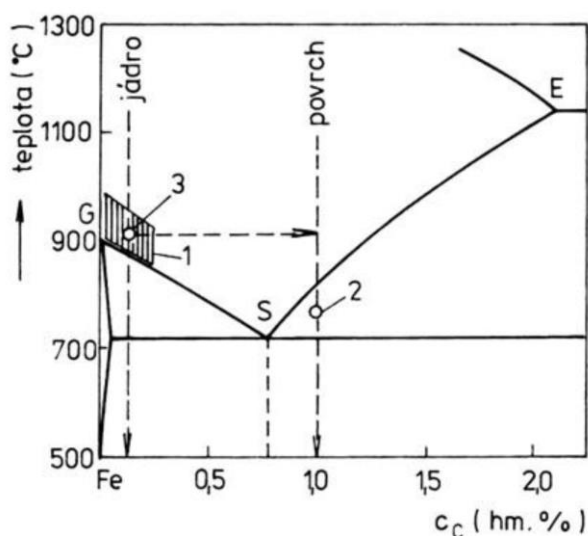
K cementování se používají oceli s nízkým obsahem uhlíku ( $<0,25$  hm. %), u kterých se difuzně sytí povrch uhlíkem (C) za zvýšené teploty s obvyklým rozsahem cementačních teplot ( $850-950$  °C). Povrch se při tom nasýtí obvykle na koncentraci (0,8-1) hm. % C. Tvrdost povrchu dosahuje až 800 HV s tloušťkou cementované vrstvy v rozmezí (0,5-1,5) mm [25].

Požadované vlastnosti cementované součásti se získají až tepelným zpracováním (kalením) [25].



1-Kalení přímo z cementační teploty; 2- kalení s přihlazením; 3- kalení s podchlazením; 4- kalení po ochlazení z cementační teploty; 5- dvojité kalení (a- kalení na jádro, b- kalení na vrstvu)

Obr. 2.14 Způsoby tepelné zpracování po cementování (nauhličení) [25].



Obr. 2.15 Schéma cementace v diagramu Fe-Fe<sub>3</sub>C [25].

### 2.2.2.1 Cementační prostředí

Cementační prostředí má největší vliv na hloubku cementované vrstvy. Jako cementační prostředí se používá [26]:

- Pevné (sytké)

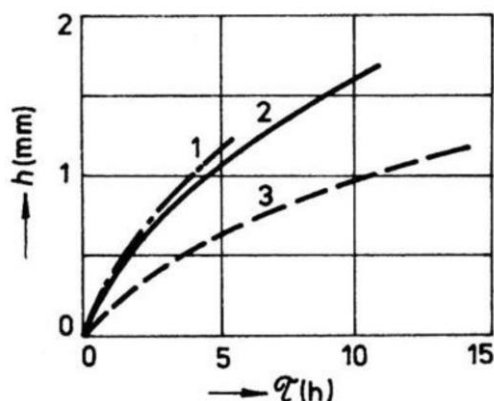
Výhodou použití tohoto prostředí jsou nízké pořizovací náklady na úkor obtížného dosažení rovnoměrné vrstvy. V současné době se používá pouze v omezeném rozsahu v kusové výrobě.

- kapalné

V praxi se tohoto způsobu cementování není rozšířeno, přestože nauhličovací schopnost v tomto prostředí je vysoká. Hlavním důvodem je vysoká toxicita kyanidových lázní.

- plynné

Při tomto způsobu nauhličování se používají směsi plynu. Ve srovnání s cementováním v prášku je nauhličovací schopnost plyných směsí větší a lze ji regulovat v poměrně širokém rozmezí. Využívá se jak v malosériové, tak i ve velkosériové výrobě v dnešní době poměrně často.



Obr. 2.16 Hloubka cementované vrstvy (1–v lázni; 2–v plynu; 3–v prášku) [25].

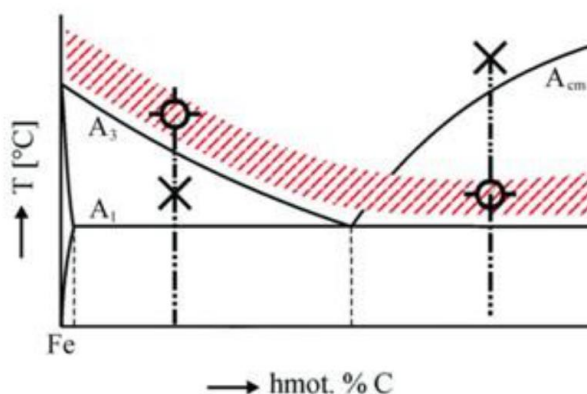
### 2.2.3 Kalení

Kalení je způsob tepelného zpracování ocelí. Základním principem je ohřev na kalicí teplotu a prudké ochlazení. Materiál získává lepší fyzikální a mechanické vlastnosti. Výsledkem je tvrdý povrch. [25].

Kalení se dělí na [25]:

- martenzitické
  - přímé
  - lomené
  - přerušované
  - termální
  - se zmrazením
  - povrchové kalení
- bainitické
  - do studené lázně
  - do teplé lázně (izotermické zušlechťování)

Při ohřevu na kalicí teplotu může být použit přímý ohřev, který se používá pro malé předměty, u kterých nedojde k teplotnímu šoku a pro dobře vodivé materiály jako jsou nelegované oceli nebo stupňovitý ohřev pro velké předměty a pro materiály se špatnou vodivostí např. vysoce legované předměty [25].



Obr. 2.17 Pásmo kalících teplot (O – správná kalící teplota, X – nesprávná kalící teplota) [25].

### Lomené kalení

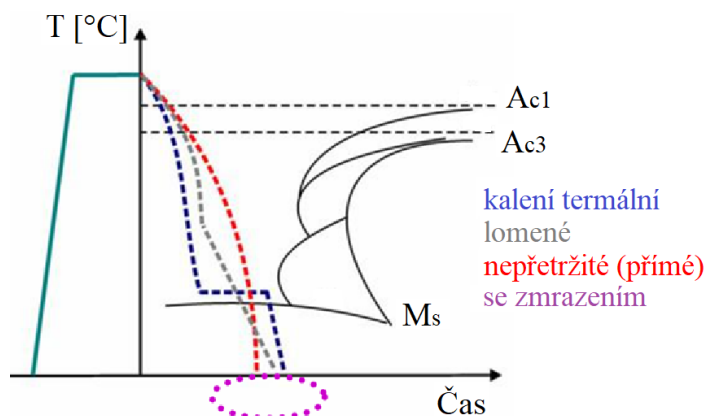
Dílec je ochlazován nadkritickou rychlostí a poté až ochlazovací křivka mine křivky ARA diagramu. Potom se rychlost ochlazování zpomalí, teplota však stále plynule klesá. Prakticky se provádí tak, že nejprve ochlazujeme v tvrdším ochlazovacím prostředí (voda) a později v mírnějším (např. v oleji). Pro úspěšné zakalení dílce musíme znát ARA diagram zpracovávaného materiálu a přesně dodržovat technologický postup [27].

### Termální kalení

Dílec je nejprve ochlazován nadkritickou rychlostí v lázni, jejíž teplota leží těsně nad  $M_s$ . Výdrž na  $M_s$  slouží k vyrovnání teploty v celém objemu materiálu a ke snížení pnutí. Po vyrovnání teploty pokračuje ochlazování tak, aby ochlazovací křivka prošla čáru  $M_s$  [27].

### Kalení se zmrazováním

Zmrazování je další ochlazování oceli pod teplotu  $M_f$ , obvykle na teplotu (60–70) °C. Používá se u ocelí s vysokým obsahem uhlíku a ocelí obsahující prvky stabilizující austenit [27].



Obr. 2.17 Způsoby kalících metod [25].

### 2.2.3.1 Způsoby kalení

#### Nepřetržité

Teplota dílce při něm klesá plynule až pod teplotu  $M_s$ , kdy začne přeměna austenitu na martenzit. Je to provozně nejjednodušší způsob kalení, v materiálu však vznikají největší deformace a pnutí [25].

#### Přetržité

Při něm se dílce ochlazuje tak rychle, aby ochlazovací křivka povrchu i středu minula křivky diagramu izotermického rozpadu austenitu tzn. ARA diagramu. Potom se ochlazování zpomalí [25].

### 2.2.3.2 Ochlazovací prostředí

Jako ochlazovací prostředí se prakticky používají tři prostředí:

- Vzduch

Nejmírnější ochlazovací prostředí. Můžeme rozlišovat klidný vzduch nebo vzduch z ventilátoru, kde rychlost ochlazování je o něco vyšší, ale pořád zůstává nízká. Oceli kalitelné na vzduchu se nazývají samokalitelné [25].

- Olej

Ochlazuje intenzivněji než vzduch, ochlazovací intenzitu lázně je možno zvýšit prouděním oleje v lázni [25].

- Voda

Voda je nejintenzivnější ochlazovací prostředí. Navíc je ve srovnání například s olejem levná a neškodí zdraví ani životnímu prostředí. Kvůli vysoké ochlazovací schopnosti však může způsobit u složitějších dílců deformace, které mohou vést až k rozvoji trhlin [25].

### 2.2.3.3 Zakalitelnost

Zakalitelnost je dána maximální tvrdostí dosaženou při kalení nadkritickou rychlostí, která závisí zejména na obsahu uhlíku. Skutečná tvrdost oceli po zakalení však závisí také na obsahu zbytkového austenitu, jehož obsah ovlivňuje množství přísadových prvků [25].

### 2.2.3.4 Prokalitelnost

Prokalitelností se označuje schopnost získat po zakalení tvrdost, odpovídající její zakalitelnosti (anebo určité smluvní hodnotě z ní odvozené) v uvažované hloubce pod ochlazovaným povrchem kalného předmětu [25].

V jisté hloubce pod povrchem, je skutečná ochlazovací rychlost rovna kritické rychlosti dané oceli. Z praktických důvodů se prokalitelnost vztahuje obvykle k tvorbě martenzitu [25].



Za prokalitelnou vrstvu se obvykle považuje vrstva, která dosáhne tvrdosti odpovídající struktuře s 50 % martenzitu [25].

#### 2.2.4 Popouštění

Ohřev oceli následující bezprostředně po předchozím zakalení na martenzitickou strukturu. Při popouštění dochází k transformaci nerovnovážných fází na fáze přibližující se rovnovážnému stavu za účelem zlepšení fyzikálních a mechanických vlastností [28].

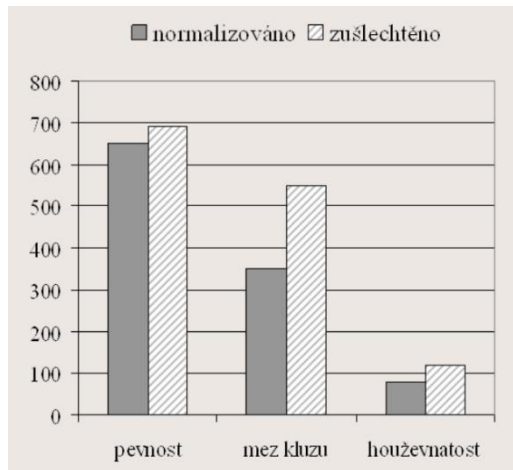
Popouštění dělíme [28]:

- Při nízkých teplotách (150–350) °C:

Slouží primárně ke snížení vnitřního pnutí, snížení množství zbytkového austenitu. Výhodou je i rozměrová stabilizace bez podstatného snížení tvrdosti.

- Při vysokých teplotách (nad 550 °C):

Neboli můžeme říct také jako zušlechťování. Dochází k transformaci martenzitu na sorbit což je jemně zrnitá směs složená z feritu a cementitu. Podstatně klesá tvrdost, pevnost a mez kluzu, avšak zároveň stoupá tažnost zúžení a vrubová houževnatost.



Obr. 2.18 Porovnání mechanických vlastností uhlíkové oceli u vysokoteplotního popouštění [28].

Během popouštění může dojít k popouštěcí křehkosti. U nízkoteplotního popouštění zpočátku roste houževnatost a potom začíná klesat a je srovnatelná s houževnatostí nepopouštěné oceli. Křehkost u nízkoteplotního popouštění je neodstranitelná (nevratný proces). Způsobuje zkřehnutí materiálu po hranicích zrn. Možnost opatření je krátká prodleva na popouštěcí teplotě [28].

Popouštěcí křehkost u vysokoteplotního popouštění dojde pouze při pomalém ochlazování z popouštěcí teploty u oceli náchylných k popouštěcí křehkosti. Je odstranitelná novým popouštěním [28].

### 3 CHARAKTERISTIKA ŘEZNÝCH MATERIÁLŮ

Pro výrobu řezných nástrojů se používají různé kovové i nekovové materiály. Břit řezného nástroje musí mít odpovídající houževnatost a současně vysokou tvrdost v oblasti ostří, která nesmí poklesnout ani při vysokých pracovních teplotách.

#### 3.1 Nepovlakované slinuté karbidy

Současné nepovlakované (i povlakované) slinuté karbidy pro řezné aplikace se podle normy ČSN ISO 513 (22 08 01) dělí do skupin dle použití [29]. Skupiny jsou uvedeny v tab. 3.1.

Tab. 3.1 Rozdělení slinutých karbidu a jejich aplikace [30].

Skupina	Aplikace pro obrábění materiál
<b>P</b>	uhlíkové (nelegované) oceli; legované oceli; nástrojové oceli uhlíkové; nástrojové legované oceli; uhlíkové ocelolitiny; feritické a martenzitické korozivzdorné oceli;
<b>M</b>	austenitické a feritická estetické oceli korozivzdorné; žárovzdorné a žárovevné oceli nemagnetické a otěruvzdorné
<b>K</b>	šedá litina nelegovaná i legovaná; tvárná litina; temperovaná litina;
<b>N</b>	neželezné kovy; slitiny hliníku a mědi
<b>S</b>	speciální žárovevné slitiny na bázi niklu, kobaltu, železa a titanu
<b>H</b>	zušlechtěné oceli s pevností nad 1500 MPa kalené oceli HRC 48 ÷ 60

Dvojčíslí za skupinou, kterou se zabývá norma (např. P50, M35, K25) znamená obsah pojícího kovu, vyšší houževnatost a pevnost v ohybu, nižší tvrdost a otěruvzdornost materiálu, které se rostoucím číslem zvyšuje. Také vymezuje oblast aplikace pro nižší řezné a vyšší posuvové rychlosti [30].

Pro výrobu slinutých karbidů pro obrábění (nepovlakovaných i povlakovaných) je základním karbidem karbid wolframu (WC) a pojícím kovem je použit kobalt (Co). Mezi další používané karbidy jsou karbidy titanu (TiC), tantalu (TaC), niobu (NbC) a chromu (Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>) [30].

##### 3.1.1 Popis jednotlivých skupin

Skupina P je určena pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou třísku, jako jsou uhlíkové, slitinové a feritické korozivzdorné oceli. Řezný proces je doprovázen velkými řeznými silami a značným opotřebením na čele (výmol) [30].

Skupina M má univerzální použití a je určena pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou a střední třísku. Též se často používají pro těžké hrubovací a přerušované řezy. Řezné síly dosahují středních až vysokých hodnot, dochází k vydrolování ostří. Využívá se pro austenitické, korozivzdorné, žáruvzdorné a žárovevné oceli nemagnetické a otěruvzdorné [30].

Skupina K je určena pro obrábění materiálů, které vytvářejí krátkou, drobnou třísku. Řezné síly jsou přitom obvykle relativně nízké a převládá abrazní a adhezní opotřebení. Slinuté karbidy skupiny K nejsou vhodné pro obrábění materiálů, tvořících dlouhou třísku, která mnohem více tepelně zatěžuje čelo nástroje. Dlouhá tříska má delší dobu jejího kontaktu s nástrojem [30].

Prakticky všechny uvedené sloučeniny se používají jako nástrojové materiály, avšak mezi karbidy má dominantní postavení právě karbid wolframu [30].

### 3.1.2 Struktura a vlastnosti slinutých karbidů

Oblast nástrojových materiálů je zaměřena především na zlepšení jejich odolnosti vůči opotřebení, zvýšení pevnosti a houževnatosti. V obecném smyslu jsou tvrdost a ohybová pevnost vzájemně neslučitelné a v praxi nelze obě tyto vlastnosti současně zlepšit jedním samostatným postupem (např. jednoduchou změnou chemického složení). Aby toho bylo dosaženo, je třeba pečlivě řídit mnoho faktorů, jako je složení materiálu, velikost zrn a jejich rozložení, druh a množství přísad, rovnoměrnost mikrostruktury, obsah nekovových prvků (obzvláště uhlík (C) a dusík (N)), množství a druh nečistot, póry [30].

### 3.2 Povlakované slinuté karbidy

Povlakované slinuté karbidy jsou v dnešní době nejpoužívanější v oblasti obráběcích procesech, první jednovrstvé povlaky se objevily již v 60. letech 20. století a pokusy s povlaky ze slinutých karbidů sahají až do roku 1890. Nejprve se jednalo o povlaky typu TiC, s tloušťkou několik mikrometrů, zanedlouho však byly na trhu povlaky typu TiN, TiCN. Nejprve se povlaky vytvářeli chemickým napařováním (metoda CVD), později, v 80. letech, se objevily povlaky fyzikálně napařované (metoda PVD), mezi něž hlavně patřil povlak typu TiN. S postupem doby bylo pro konkurenceschopnost třeba zdokonalovat povlaky a jelikož jednotlivé typy povlaků měly víceméně stále stejné vlastnosti, byl logický krok se tyto vlastnosti snažit kombinovat pomocí vícevrstevných povlaků. Pro zjednodušení se zavedly tyto vývojové skupiny [30]:

- 1. generace – jednovrstvý povlak (karbid titanu (TiC)), tloušťka vrstvy asi 6  $\mu\text{m}$ , špatná soudržnost podkladu a povlaku (nedotažená technologie výroby)
- 2. generace – jednovrstvý povlak (karbid titanu, nitrid titanu, karbonitrid titanu), zdokonalením technologie výroby se zvětšila tloušťka vrstvy na 7–13  $\mu\text{m}$ , bez nebezpečí jejich odlupování při funkci nástroje,
- 3. generace – vícevrstvý povlak (2 až 3 vrstvy, případně více i vrstev), mezi jednotlivými vrstvami jsou ostře ohraničené přechody, řazení vrstev odpovídá jejich vlastnostem (první vrstvy se vyznačují dobrou přilnavostí k podkladu, ale mají menší

odolnost proti opotřebení, poté se nanáší další vrstvy, které již nemusí mít tuto schopnost a mají lepší odolnost.

- 4. generace – vícevrstvý povlak (často i nad 10 vrstev a mezivrstev), mezi jednotlivými vrstvami mohou být více či méně výrazné přechody, používají se stejné materiály a stejný princip jako u povlaků 3. generace.



Obr. 3.1 Výměnné břitové destičky s povlakem z TiC [31].

Tab. 3.2 Porovnání vlastností povlaků [30].

Hodnocení	Chemická stabilita	Tvrdost	Tvrdost za tepla
1	$\text{Al}_2\text{O}_3$	TiC	$\text{Al}_2\text{O}_3$
2	TiAlN	TiCN	TiAlN
3	TiN	$\text{Al}_2\text{O}_3$	TiN
4	TiCN	TiAlN	TiCN
5	TiC	TiN	TiC

V tab. 3.2 je názorné porovnání vybraných povlaků. Povlak TiC je nejtvrdší a má největší odolnost vůči abrazivnímu opotřebení, naproti tomu TiN je měkčí, a proto méně otěruvzdorný, ale je chemicky stabilnější a odolnější proti tvorbě výmolu na čele nástroje za zvýšené teploty. Oxid hlinitý ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) vykazuje nejvyšší otěruvzdornost při vysokých teplotách, tedy při vysokých řezných rychlostech [30].

Vícevrstvá technologie má velký význam pro optimální kombinaci požadovaných vlastností povlakováných destiček [30].

### 3.2.1 Metody povlakování

Povlakované slinuté karbidy jsou vyráběny tak, že na podklad z běžného slinutého karbidu se nanáší tenká vrstva materiálu s vysokou tvrdostí a vynikající odolností proti opotřebení. Tyto výhodné vlastnosti vyplývají zejména z toho, že povlakový materiál neobsahuje žádné pojivo a má o jeden i více řádů jemnější zrnitost a méně strukturních defektů. Tvoří také bariéru proti difúznímu mechanismu opotřebení nástroje. Vlastnosti povrchové vrstvy povlaku se významně podílejí na zamezování tvorby nárůstku na břitu nástroje. Povlakování se rozděluje do dvou základních metod [30]:

- metoda PVD (Physical Vapour Deposition)
- metoda CVD (Chemical Vapour Deposition)

### 3.2.1.1 Metoda PVD

Metoda, která je charakteristická nízkými pracovními teplotami (pod 500 °C). Tato metoda byla původně vyvinuta pro povlakování nástrojů z rychlořezných ocelí, u kterých nízká teplota zaručuje, že nedojde k tepelnému ovlivnění nástroje [30].

U metody PVD jsou povlaky vytvářeny za sníženého tlaku ( $0,1 \div 1,0$  Pa) kondenzací částic, které jsou uvolňovány ze zdroje částic fyzikálními metodami. Mezi nejrozšířenější dvě metody patří [30]:

- Magnetronové naprašování
- Obloukové napařování

K nevýhodám všech metod PVD patří relativně složitý vakuový systém a požadavek pohybovat povlakovanými předměty, aby bylo zaručeno rovnoměrné ukládání povlaku po celém jejich povrchu [30].

Pro požadavek pohybovat povlakováními předměty se používají rotující držáky. Při nedodržení dochází k takzvanému stínovému efektu, který u dané metody způsobuje, že na plochách se vytváří nedokonalá vrstva povlaku, případně se povlak vůbec netvoří. Mezi výhody lze zařadit i možnost povlakování ostrých hran [30].

### 3.2.1.2 Metoda CVD

Jedná se o chemický proces povlakování, který je založen na reakci plynných chemických sloučenin v plazmě a probíhá za vysokých teplot, nejčastěji při teplotách  $700 \div 1500$  °C a tlaků plynné atmosféry  $1 \div 100$  kPa [30].

Metoda CVD je nejčastěji realizována ve variantách [30]:

- plazmaticky aktivovaná (PECVD – Plasma Enhanced CVD),
- laserově indukovaná (LICVD – Laser Induced CVD)

Mezi výhody metody CVD patří, že je možné vytvářet jednovrstvé i multivrstvé povlaky. Multivrstvy jsou povlaky, kde se střídají alespoň dva druhy vrstev. Přechody mezi jednotlivými vrstvami zvyšují odolnost proti šíření poruch, což vede ke zvýšení tvrdosti a houževnatosti. Mezi výhody povlakování metody CVD dále patří [30]:

- vysoká hustota a homogenita povlaku,
- vysoká teplotní stabilita povlaku,
- vynikající adheze k podkladovému materiálu, rovnoměrná tloušťka u tvarově složitých nástrojů a součástí,
- povlakování předmětu ze všech stran v důsledku poměrně vysokých pracovních tlaků plynné směsi ( $1 \div 100$ ) kPa,
- relativně nízké pořizovací i provozní, slučitelnost s ostatními výrobními postupy.

Mezi nevýhody při použití této metody patří [30]:

- vysoké pracovní teploty, které mohou mít nepříznivý vliv na vlastnosti povlakovaného předmětu i samotného povlaku,
- nelze vytvářet některé typy povlaků
- nelze povlakovat ostré hrany,
- vysoká energetická náročnost,
- dlouhý pracovní cyklus 8÷10 hodin,
- ekologicky nevyhovující pracovní plynné směsi (toxické chloridy),
- tahová napětí ve vrstvě (rozdílný koeficient tepelné roztažnosti).

### 3.3 Cermety

Název CERMET vznikl složením prvních tří hlásek slov „CERamics (keramika)“ a „METal (kov)“ a měl by tak popisovat nástrojový materiál, jehož mechanické vlastnosti vykazují výhodnou kombinaci tvrdosti keramiky a houževnatosti kovu [30].



Obr. 3.2 Vyměnitelné břitové destičky z CERMETŮ [32].

Cermety jsou řezné materiály na podobné bázi jako SK ovšem základní primární karbidy tvoří WC jak je tomu u SK, ale karbid titanu (TiC) a nitrid titanu (TiN). Tím se vyznačují velmi dobrou odolností proti opotřebení a tvrdostí, která je vyšší než u SK a nabízejí výhody vyšších řezných rychlostí, protože TiC je termochemicky stabilnější než WC. Nevýhodou je jejich menší houževnatost [30].

Technologie výroby cermetů je také velmi podobná technologii výroby běžných slinutých karbidů [30].

Využívají se převážně na dokončovací operace s plynulým řezem při vysokých řezných rychlostech. Se změnou jejich chemického složení se mění i jejich mechanické vlastnosti tak, že je možné použití také pro operace s přerušovaným řezem a lehké hrubovací operace. Používají se k obrábění téměř všech železných kovů [30].

### 3.4 Řezná keramika

Řezná keramika je obecně charakterizována jako převážně krystalický materiál, jehož hlavní složkou jsou anorganické sloučeniny nekovového charakteru [30].

Postup pro výrobu řezné keramiky se velmi podobá postupům pro zhotovení součástí ze slinutých karbidů a cermetů. Rozdílné je to, že keramika neobsahuje žádný pojivý materiál, který by spojil zrna tvrdých fází v jednotné těleso, jak je tomu například u slinutých karbidů, kde je pojivem je kobalt anebo u cermetů [30].

Pro řeznou keramiku se používá se následující dělení dle normy ČSN ISO 513 podle chemického složení a vlastností [30]:

- oxidová keramika

Oxidové keramiky se vyrábějí z velmi čistého a jemnozrnného oxidu hlinitého ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Aby bylo při slinovací procesu zabráněno růstu zrn, přidávají se malá množství pomocných látek, které tento růst mají zastavit. Dle toho dělíme oxidovou keramiku do skupin:

- čistá

Obsahuje oxid hlinitý a cca 2-5 % oxidu zirkoničitýho  $\text{ZrO}_2$ . Oxidu zirkoničitý se přidává ke zvýšení lomové houževnatosti, aniž by došlo k ovlivnění odolnosti vůči opotřebení. Čistá oxidová keramika má obecně nízkou tepelnou vodivost, a proto je náchylná na tepelný šok, z tohoto důvodu se nedoporučuje chladit při obráběcím procesu.

- Polosměsná

Obsahuje 15-20 hm.% oxidu zirkoničitýho, ale mimo jiné i další složky například oxid kobaltnatý. Ve srovnání s čistou oxidovou keramikou má vyšší pevnost a náchylnost proti lomu.

- Směsná

V řezných materiálech patřících do této skupiny se vyskytuje oxid hlinitý, karbid titanu (cca 30-40 %) nebo nitrid titanu. Vyšší tvrdost v kombinaci s vyšší houževnatostí výrazně zvyšuje odolnost vůči abrazivnímu a erozivnímu opotřebení. Nižší délková roztažnost a vyšší tepelná vodivost směsné keramiky zlepšuje odolnost vůči tepelným šokům i při teplotách překračující 800 °C kdy částice karbidu titanu oxidují, ale jejich kladný vliv přetrvává.

- oxidová keramika vyztužená SiC whiskery

Oxidová keramika vyztužená SiC whiskery se skládá z 25 hm.% a více procent karbidu křemíku, který působí na posílení struktury a zvýšení pevnosti a lomové houževnatosti. Tento typ řezné keramiky se nejčastěji používá pro při polodokončování a dokončování hliníkových slitin při vysokých řezných podmínkách.

- nitridová keramika

Hlavní složkou nitridové keramiky je nitrid křemíku ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ). Tento nástrojový materiál se projevuje dobrou odolností vůči opotřebení, a navíc vysokou odolností vůči teplotnímu šoku. Nejčastěji jsou používány pro hrubovací operace při obrábění litin, ale jsou horší než karbidové nástroje kvůli řešení opotřebení, proto nejsou doporučeny pro obrábění ocelí.

### 3.5 Supertvrdé řezné materiály

Pod pojmem supertvrdé řezné materiály lze zahrnout dva synteticky vyráběné materiály, a to polykrystalický diamant (PD) a kubický nitrid boru (KNB nebo PKNB). Vzhledem k vynikajícím mechanickým vlastnostem má následek zlepšení obrábění těžko obrobitelných materiálů nebo zkrácení výrobní doby, pač u nich lze používat vysokou řeznou rychlost. V porovnání s ostatními řeznými materiály vynikají především vysokou tvrdostí. Blíží se jim pouze řezná keramika. Avšak jejich hlavní nevýhodou je vysoká cena, která klade mimořádné požadavky na posouzení konkrétní aplikace [30].

#### 3.5.1 Polykrystalický diamant PKD

PKD je používán k obrábění nekovových materiálů, neželezných materiálů a jejich slitin, především hliníkových. V některých případech lze použít řezné rychlosti, které přesahují hodnotu  $5000 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$  [30].

Diamant má poměrně nízkou teplotní stálost (při dosažení teplot nad  $700^\circ\text{C}$  se mění na grafit), nesmí být používán pro obrábění materiálů na bázi železa (oceli, litiny), kde by při nadměrném ohřevu docházelo k silné difúzi mezi nástrojem a obráběným materiálem a tím i k velmi rychlému opotřebení v důsledku probíhajících chemických reakcí, hlavně na čele nástroje [30].

Diamantové nástroje se vyrábí dvěma způsoby [30]:

- roubík ze syntetického diamantu je připájen na břitovou destičku ze slinutého karbidu,
- na nástroj nebo vyměnitelnou břitovou destičku odlišného materiálu je přímo nanесena diamantová vrstva,

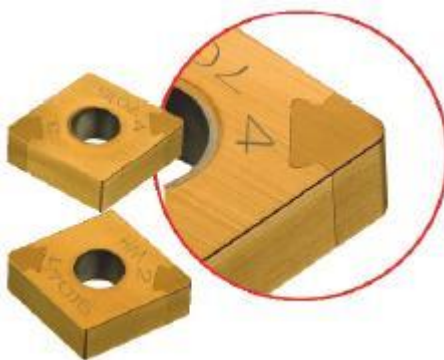


Obr. 3.3 VBD s pájeným hrotem z polykrystalického materiálu [33].



### 3.5.2 Kubický nitrid boru KNB

Kubický nitrid bóru (KNB) je druhý nejtvrdší materiál po diamantu. Je složen ze dvou základních prvků, kterými jsou bór a dusík [30].



Obr. 3.4 VBD z SK s připájeným hrotem z kubického nitridu bóru [34]

Na rozdíl od diamantu má mnohem větší odolnost proti vysokým teplotám. Dále má také i velmi dobrou tepelnou vodivost, chemickou stabilitu a poměrně velkou houževnatost [30].

Kubický nitrid bóru je zvláště vhodný pro obrábění při vysokém úběru kalených materiálů na bázi železa, jako jsou kovaná ocel, kalená litina, povrchově kalené obrobky, žáruvzdorné slitiny a martenzitické korozivzdorné oceli [30].

## 4 RENOVACE POŠKOZENÝCH DÍLŮ UPÍNAČE

Tato kapitola se zabývá návrhem technologického postupu pro opravu již vyrobených dílů a popis jednotlivých strojů včetně technologického rozboru výrobních kroků.

### 4.1 Technologický postup opravy součástí

Ve většině případů není možné vyrobít finální výrobek nebo polotovar pouze jednou výrobní operací. Proto je důležité sestavit podrobný sled výrobních operací v technologickém postupu co nejefektivněji, tzn rychle, přesně a ekonomicky co nejvýhodnější. V případě sériové výroby lze technologický postup optimalizovat [35].

Technologické postupy včetně výkresové dokumentace je přiložen v přílohách:

Příloha 1 Výkres součásti č. 1 „ADAPTER“ (č. výkresu 01-A3-01-12)

Příloha 2 Postup opravy součásti č. 1 „ADAPTER“ (č. výkresu 01-A3-01-12)

Příloha 4 Výkres součásti č. 2 „GRUNDANSCHLAG“ (č. výkresu 01-A3-02-12)

Příloha 5 Postup opravy součásti č. 2 „GRUNDANSCHLAG“ (č. výkresu 01-A3-02-12)

Příloha 7 Výkres součásti č. 3 „ZENTRIERCHEIBE“ (č. výkresu 01-A3-03-02)

Příloha 8 Postup opravy součásti č. 3 „ZENTRIERCHEIBE“ (č. výkresu 01-A3-03-02)

### 4.2 Výrobní zařízení

Pro výrobu zadané součásti jsou zvoleny vhodné výrobní stroje dle aktuálního technologického vybavení firmy a to:

#### **Soustruh SV 18 RA**

Soustruh SV 18 RA (obr. 4.1) je vhodný pro všechny typy soustružnických prací. Je přesný, výkonný a vhodný pro malosériovou výrobu [11]. V tabulce číslo 4.1 jsou uvedeny základní technické parametry stroje.



Obr. 4.1 Soustruh SV 18 RA [11].

Tab. 4.1 Technické parametry soustruhu SV 18 RA [11].

<b>Oběžný průměr nad ložem</b>	[mm]	380
<b>Oběžný průměr nad suportem</b>	[mm]	215
<b>Vzdálenost hrotů</b>	[mm]	750
<b>Maximální hmotnost obrobku</b>	[kg]	300
<b>Elektromotor pro pohon vřeteníku</b>	[kW]	7,5
<b>Rozměry troje (délka x šířka)</b>	[mm]	2520 x 950
<b>Váha stroje s normálním příslušenstvím</b>	[kg]	1730
<b>Kužel vřetena</b>	-	ME 50
<b>Vrtání vřetene</b>	[mm]	41
<b>Kužel pinoly koníku</b>	-	Mk4
<b>Otáčky vřetena</b>	[min <sup>-1</sup> ]	14-2800

### CNC frézka MAS MCV 1016 QUICK

MAS MCV 1016 QUICK je vertikální obráběcí stroj s vysokou tuhostí konstrukce, vysokou spolehlivostí a přesností. Tento stroj (obr. 4.2) je vhodný pro přesnou výrobu tvarově složitých součástí [36]. Tab. 4.2 popisuje technické údaje o stroji.



Obr. 4.2 CNC frézka MAS MCV 1016 QUICK [37].

Tab. 4.2 Technické údaje CNC frézky MAS MCV 1016 QUICK [38].

<b><u>Stůl</u></b>		
Upínací plocha stolu	[mm]	1300x600
Maximální zatížení stolu	[kg]	700
<b><u>Vřeteno</u></b>		
Kuželová dutina vřetene	-	ISO 40
Maximální otáčky	[min <sup>-1</sup> ]	10 000
Změna otáček	-	plynule měnitelné
<b><u>Zásobník nástrojů</u></b>		
Počet míst v zásobníku	-	24
Maximální délka nástroje	[mm]	300
Maximální průměr nástroje	[mm]	75
Maximální průměr nástroje s vynecháním sousedních nástrojů	[mm]	120
Maximální hmotnost nástroje	[kg]	6,5
<b><u>Motor</u></b>		
Výkon motoru vřetena	[kW]	25
Maximální celkový příkon stroje	[kVA]	40
<b><u>Rozměry stroje</u></b>		
Rozměry (délka x šířka x výška)	[mm]	2 700 x 3 080 x 2 940
Hmotnost stroje	[kg]	5 500

### Bruska hrotová univerzální BHU 32

Hrotová univerzální bruska s ramenem na vnitřní broušení (obr. 4.3) a s technickými údaji dle tabulky číslo 4.3 se stále používá pro výrobu přesných a tvarově složitých součástí.



Obr. 4.3 Bruska hrotová univerzální BHU 32 [14].

Tab. 4.3 Technické údaje brusky hrotové univerzální BHU 32 [39].

<b>Maximální průměr broušení</b>	[mm]	315
<b>Maximální délka broušení</b>	[mm]	630
<b>Maximální hmotnost obrobku</b>	[kg]	250
<b>Zařízení pro vnitřní broušení</b>	-	Ano
<b>Vzdálenost mezi hroty</b>	[mm]	630
<b>Výkon hlavního elektromotoru</b>	[kW]	7,5
<b>Celkový příkon stroje</b>	[kW]	16
<b>Kužel pracovního vřetena</b>	-	Morse 5
<b>Rozměry (délka x šířka x výška)</b>	[mm]	4 080 x 2 320 x 1 720
<b>Hmotnost stroje</b>	[kg]	4 900

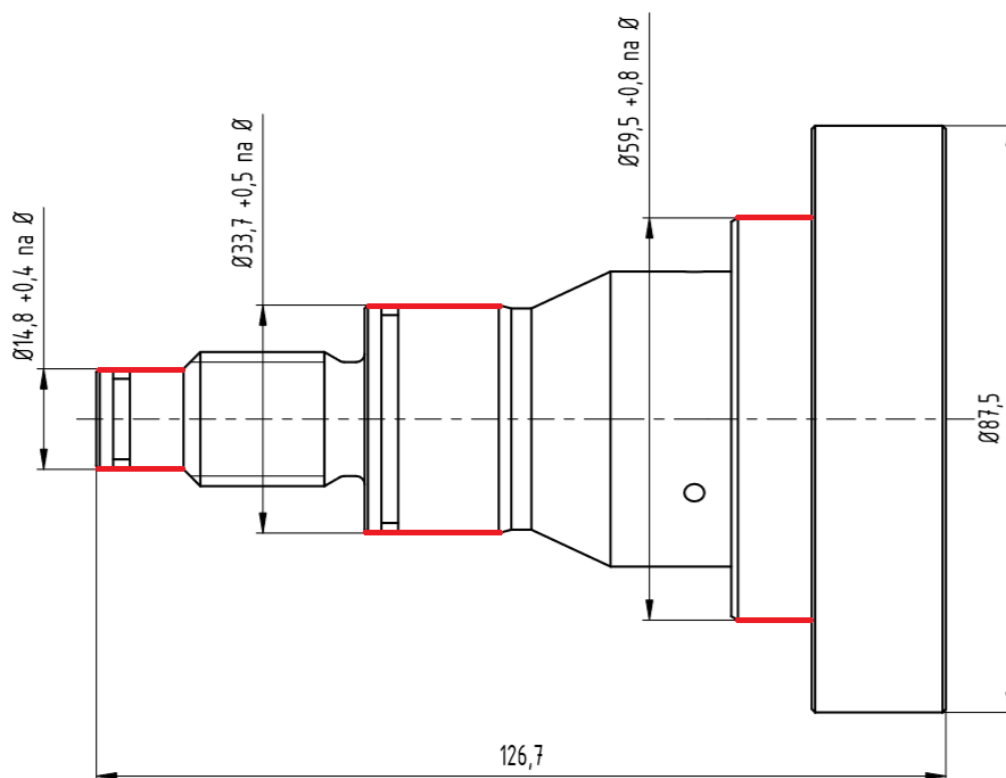
### 4.3 Technologický rozbor výrobních operací

Prvním krokem technologického postupu je operace soustružení. Před nanesením vrstvy tvrdochromu je nutné opotřebené plochy tzv. podsoustružit, pro dosažení požadovaných vlastností k dalším krokům výroby a odstranění nečistot. Po konečné dokončovací operaci musí mít nanesený tvrdochrom dostatečnou vrstvu, jelikož by mohlo dojít k odlupování nanesené vrstvy, a tím i předčasnému poškození součásti při chodu sestavy upínače.

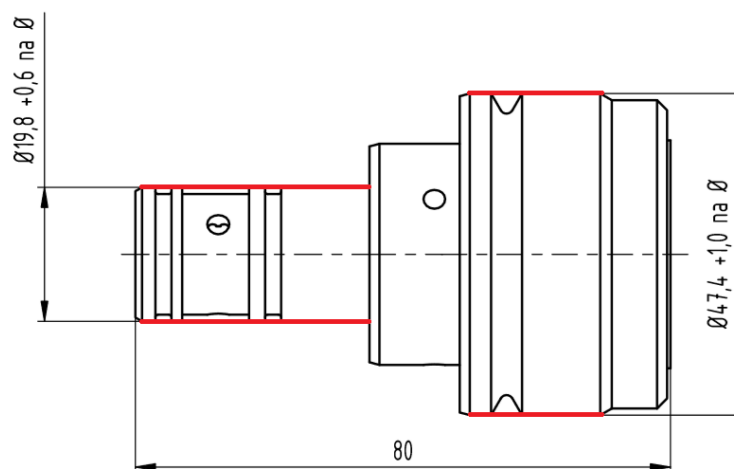
Soustruh použitý v první operaci soustružení je vyobrazen (obr. 4.1) a popsán v kapitole 4.2.

Po soustružení je součást poslána do externí firmy k nanesení vrstvy tvrdochromu na opotřebené plochy součástí. Tato operace je časově určena externí firmou se započítaným časem manipulace. Tloušťka nanesené vrstvy tvrdochromu je závislá dle opotřebené plochy, protože plochy nejsou opotřebené rovnoměrně.

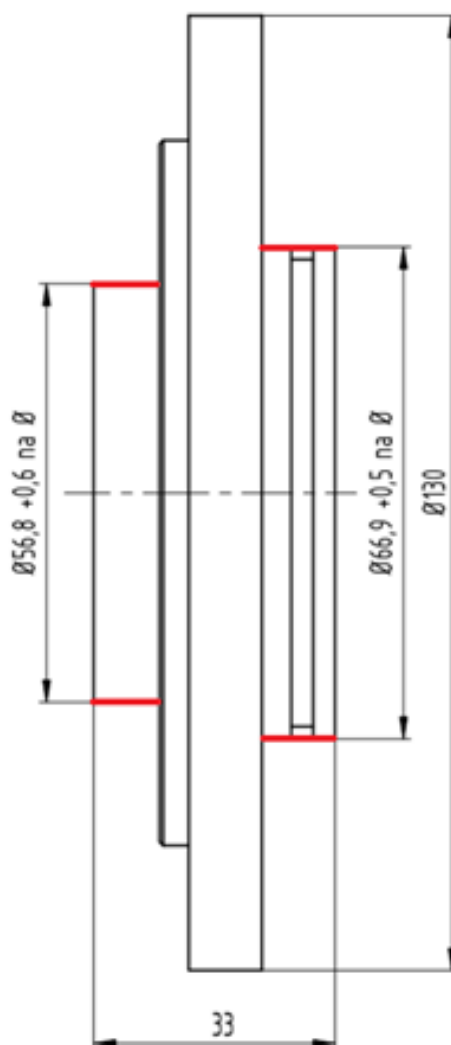
Plochy, na které se bude tvrdochrom nanášet, jsou zvýrazněny červeně na náčrtu součástí č.1 ,ADAPTER' na obr. 4.4, součást č. 2 ,GRUNDANSCHLAG' na obr. 4.5 a součást č.3 ,ZENTRIERSCHEIBE' na obr. 4.6.



Obr. 4.4 Náčrt součásti č.1 ,ADAPTER'.



Obr. 4.5 Náčrt součásti č.2 ‚GRUNDANSCHLAG‘.



Obr. 4.6 Náčrt součásti č.3 ‚ZENTRIERSCHEIBE‘.

Vzhledem k vysokému opotřebení jednotlivých součástí je potřebné nanést silnější vrstvu tvrdochromu, která se pohybuje od 0,4 do 1 mm. Naměřené rozměry součástí po soustružnické operaci jsou vyobrazeny v náčrtu s potřebnou hodnotou tloušťky vrstvy.

Konečným krokem ke zhotovení součástí je dokončovací operace broušení, které se skládá z dokončení ploch na požadovaný rozměr a dolícování při finální kompletaci sestavy.

Bruska použitá v konečné operaci broušení je vyobrazena (obr. 4.3) a popsána v kapitole 4.2.

Z důvodu kontroly požadovaných údajů z výkresové dokumentace je nutno do technologického postupu též začlenit měřidla, za jejichž pomoci bude výroba součástí kontrolována. Jedná se o posuvné a mikrometrické měřidlo. Využití kalibrů v tomto případě není požadované z důvodu jednokusové výroby či opravy.

Kompletní technologické postupy oprav součástí jsou přiloženy v příloze č. 2, č. 5 a č. 8.

Celkové časy jsou stanoveny experimentálně dle typu pracoviště a stanoven celkový čas na jednu operaci. Celkový čas se skládá z času strojního, přípravy a manipulace. Ke změření celkového času byl použit časoměřič.



## 5 SESTAVENÍ TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ UPÍNAČE

Tato kapitola se zabývá návrhem technologického postupu pro výrobu nových součástí a popisem jednotlivých strojů včetně technologického rozboru výrobních kroků.

### 5.1 Technologický postup výroby součástí

Jak v případě opravy poškozených součástí, tak u výroby nových součástí je důležité sestavit podrobný sled výrobních operací v technologickém postupu.

Technologické postupy včetně výkresové dokumentace je přiložen v přílohách:

Příloha 1 Výkres součásti č. 1 „ADAPTER“ (č. výkresu 01-A3-01-12)

Příloha 3 Postup výroby součásti č. 1 „ADAPTER“ (č. výkresu 01-A3-01-12)

Příloha 4 Výkres součásti č. 2 „GRUNDANSCHLAG“ (č. výkresu 01-A3-02-12)

Příloha 6 Postup výroby součásti č. 2 „GRUNDANSCHLAG“ (č. výkresu 01-A3-02-12)

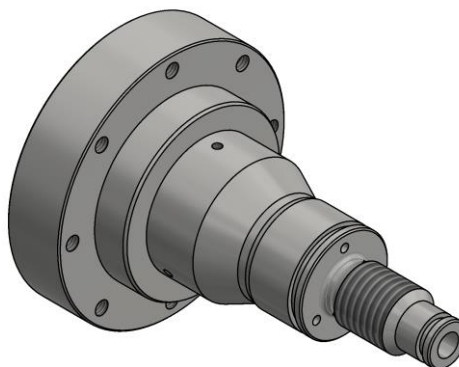
Příloha 7 Výkres součásti č. 3 „ZENTRIERCHEIBE“ (č. výkresu 01-A3-03-02)

Příloha 9 Postup výroby součásti č. 3 „ZENTRIERCHEIBE“ (č. výkresu 01-A3-03-02)

### 5.2 Technologický rozbor výrobních operací

Výroba součástí začíná vždy polotovarem. Polotovary byly stanoveny za pomoci empirického vzorce (1.1) v kapitole 1.3 a nabídkou dodavatele z hlediska rozměrů a cenové nabídky. Materiál dodává firma SCHMOLZ+BICKENBACH s.r.o., která nabízí široké spektrum hutního materiálu.

První vyráběnou součástí je součást č. 1 „ADAPTER“ (č. výkresu 01-A3-01-12). Příloha č. 1 a č. 3 obsahuje výkres a výrobní postup součásti.



Obr. 5.1 Model součásti č. 1 „ADAPTER“.

3D model součásti „ADAPTER“ (obr. 5.1) byl vytvořen pomocí programu Inventor Professional 2019, stejný program byl použit i u zbylých dvou součástí.

Prvním krokem ke zhotovení součástí č. 1 jsou hrubovací operace. Tímto se materiál opracuje do požadovaného tvaru před chemicko-tepelným zpracováním. Hrubovací operace se skládají ze soustružení a frézování.

Vzhledem ke konstrukci součástí je první operace soustružení. V této operaci je vyhrubována vnitřní kontura včetně vrtání či předvrtání otvorů a jejich vyhrubování soustružnickým nožem na požadovaný rozměr. Následně se vyhrubuje vnější kontura polotovaru, která zahrnuje vysoustružení závitu M20 a konstrukčních zápichů či zápichů pro O-kroužky. Většina ploch na součásti jsou s přídavkem materiálu na dokončovací operace.

Při frézování je součást upnuta do sklíčidla připevněného na stůl frézky. Po upnutí jsou předvrtány a následně vyvrtány otvory včetně dokončení závitů pro šrouby M6. Otvory slouží jako kanálky pro vedení provozní kapaliny (oleje). Pro urychlení a zpřesnění výroby je použita pětiosá frézka. Bez použití tohoto stroje by bylo nutné vyrobít otvory sloužící jako kanálky více operacemi než při použití pětiosé frézky. Otvory se závitěm M6 upevňují součást do sestavy upínače.

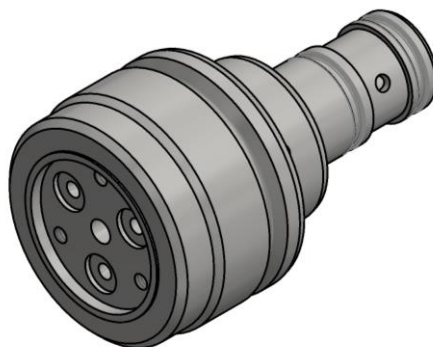
Po hrubovacích operacích je součást poslána do externí firmy na chemicko-tepelné zpracování. Tato operace je časově závislá na externí firmě, je nezbytné započítat čas zpracování objednávky s manipulací.

Dodavatelská firma používá jako cementační prostředí v procesu nasycování povrchu uhlíkem směs plynů. Tento postup nasycování povrchu uhlíkem je v dnešní době nejpoužívanějším na trhu. Je jednoduchý, levný a lze ho regulovat v poměrně širokém rozmezí. Závity se chrání nanesením ochranné vrstvy pasty.

Následujícím procesem po cementování je kalení. Druh použitého kalení je dvojité kalení s lomeným ochlazováním. Dosáhne se zjemnění jádra a tvrdé povrchové vrstvy.

Dokončovací operace broušení je poslední operaci ve výrobním postupu. Nejprve se součást upne za vnitřní průměr z pravé strany a obrousí se vnější průměry na požadované rozměry. Dále se součást upne za obroušený průměr z důvodu zachování geometrické tolerance a brousí se vnitřní otvory na požadovaný rozměr.

Druhou vyráběnou součástí je součást č. 2 „GRUNDANSCHLAG“ (č. výkresu 01-A3-02-12). Příloha č. 4 a č. 6 obsahuje konkrétní výkres součásti a výrobní postup součásti.



Obr. 5.2 Model součásti č. 2 „GRUNDANSCHLAG“.

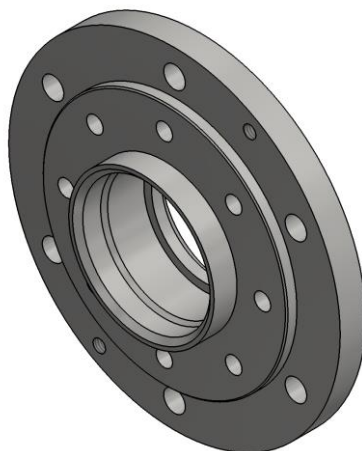
Zhotovení součástí č. 2 začíná též hrubovací operací. Materiál se opracuje do požadovaného tvaru před chemicko-tepelným zpracováním. Hrubovací operace se skládají, stejně jako u předešlé součásti, ze soustružení a frézování.

Vzhledem ke konstrukci součástí první operace je soustružení. Při této operaci je vyhrubována vnější kontura součásti a vyvrtán středový otvor, s výjimkou průměru  $\varnothing 20f7$  mm a zápichů. Na tomto průměru je z technologického hlediska přidán větší přídavek materiálu. Pro stabilnější upnutí polotovaru do sklíčidla a deformaci povrchové vrstvy sklíčidlem je průměr  $\varnothing 20f7$  a zápichů na tomto průměru dodělán po frézovací operaci. Dále je vyhrubován vnitřní průměr a vysoustruženy zápichy pro dokončovací operace.

Druhá operace je frézování. Po upnutí součásti jsou předvrtány a poté vyvrtány otvory včetně dokončení závitů pro šrouby M4 na vnějších průměrech, a postupně z levého a potom pravého čela. Otvory slouží jako kanálky pro vedení provozní kapaliny. Použitý stroj je pětiosá frézka. Výroba kanálků bez použití tohoto stroje by se zkomplikovala a časově prodloužila.

Po opětovném chemicko-tepelném zpracování v externí firmě je dokončovací operace broušení, což je i poslední operací ve výrobním postupu. Nejprve se součást upne z levé strany a obrousí se vnější a vnitřní průměry na požadovanou přesnost. Dále se součást otočí a upne za obroušený průměr z pravé strany z důvodu dodržení geometrické tolerance a brousí se vnější průměr, za který byla součást upnuta, na požadovaný rozměr.

Třetí vyráběnou součástí je součást č. 3 „ZENTRIERCHEIBE“ (č. výkresu 01-A3-03-02). Příloha č. 7 a č. 9 obsahuje konkrétní výkres a výrobní postup součásti.



Obr. 5.3 Model součásti č. 3 ‚ZENTRIERSCHEIBE‘.

Zhotovení součástí č. 3 začíná hrubovací operací soustružení. Před chemicko-tepelným zpracováním se na polotovaru se opracují rotační plochy do požadovaného tvaru. V této operaci je vyhrubována vnitřní kontura součásti včetně předvrtání otvoru pro soustružnický nástroj a vnější kontura polotovaru, prvně z levého a dále pravého čela.

Druhou operací je frézování. Součást je upnuta za otvor na stůl frézky. Následně jsou předvrtány a vyvrtány otvory včetně dokončení závitů M6. Otvory slouží pro vedení šroubu a otvory se závitem M6 pro demontáž součásti.

Dále je součást poslána spolu s prvními dvěmi součástmi do externí firmy, na již popsané chemicko-tepelné zpracování, které probíhá stejným způsobem.

Poslední operaci ve výrobním postupu je dokončovací operace broušení. Nejprve se součást upne za vnější průměr z levé strany a obrousí se vnější průměr na pravé straně. Dále se součást upne za obroušený průměr z důvodu zachování geometrické tolerance a dojde k dokončení jak vnějších, tak vnitřních průměrů na požadovaný rozměr.

Před expedicí jsou součásti zkontrolovány vizuálně i rozměrově. V konečném kroku jsou součásti zakonzervovány a zaslány konečnému zákazníkovi.

Do výkresové dokumentace je nutné začlenit též měřidla kvůli požadavku kontroly tolerovaných údajů. Měřidla jsou použita stejná při výrobě všech součástí. Jedná se o posuvné a mikrometrické měřidlo. Využití kalibrů v tomto případě není potřebné z důvodu jednokusové výroby, jak již bylo zmíněno v kapitole 4.3.

Operační časy jsou stanoveny experimentálně dle typu pracoviště, následně byl stanoven celkový čas na výrobu součásti. Celkový čas se skládá z času strojního, přípravy a manipulace. Ke změření času byl použit časoměřič.

## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo analyzovat poškozené součásti, navrhnout technologické postupy k řešení opravy poškozených dílu upínače a vytvoření výrobních postupů pro výrobu nových součástí celku.

Teoretická část diplomové práce slouží jako základ pro vypracování praktické části. Popisuje rozbor, charakteristiku a použité technologie při opravě či výrobě nových součástí včetně popisu řezných materiálů. Okrajově také obsahuje speciální technologie v oblasti obrábění pomocí frézování či chemického zpracování.

Návrh technologických postupů byl rozdělen do dvou částí. První z nich je návrh opravy poškozených dílů. Při návrhu je brán ohled jak na celkový čas opravy, tak na finanční náročnost zakázky s požadavky jednotlivých součástí.

Při návrhu technologie opravy je použit takový sled operací, který je v souladu s aktuálními podmínkami a technologickými možnostmi společnosti. Jedná se o obráběcí, zušlechťovací a dokončovací operace. Povrchové a tepelné úpravy, kterými firma nedisponuje, byly provedeny externím dodavatelem.

Technologické postupy, zaměřující se na opravu součástí, byly navrženy se zvolenou technologií opravy pomocí nanesení vrstvy tvrdochromu. Tento způsob opravy je rychlý a ekonomický, neboť tvrdochrom je nanesen pouze na požadované plochy.

S ohledem na vysoké opotřebení třecích ploch jednotlivých součástí bylo potřebné nanést silnější vrstvu tvrdochromu, která se pohybuje od 0,4 do 1 mm. Před nanesením vrstvy tvrdochromu je nutné opotřeбенé plochy tzv. podsoustružit pro odstranění nečistot a dosažení požadovaných vlastností pro následné výrobní operace.

Konečným krokem byla dokončovací operace broušení poškozených ploch na požadovaný rozměr dle výkresové dokumentace a dolícování při finální kompletaci sestavy.

Návrh technologie výrobních postupů nových součástí byl sestaven dle jejich konstrukce. Pro poškozené díle, které jsou převážně rotační, byla operace soustružení jasnou volbou. Byly vyhrubovány vnitřní či vnější kontury s ohledem na technologické požadavky při výrobě. Do této sekce patří i vyhotovení technologických i funkčních zápičů.

V operaci frézování byly vrtány otvory a řezány závity. Jednalo se převážně o otvory sloužící jako kanálky pro vedení provozní kapaliny. V tomto případě je provozní kapalina olej. Dominující většina vyvrtaných otvorů slouží pro ucpání kanálků. Některé otvory týkající se součásti č. 1 „ADAPTER“ (č. výkresu 01-A3-01-12) a č. 2 „GRUNDANSCHLAG“ (č. výkresu 01-A3-02-12) jsou pod úhlem.

Použitý stroj při frézování je pětiosá frézka MAS MCV 1016 QUICK. Využitím tohoto stroje dojde k urychlení a zpřesnění výroby součástí. Otvory pod úhlem sloužící jako kanálky, které jsou zmíněné v předešlém odstavci, by bylo nutné vyrobit na více operací a za použití více strojů a různých přípravků než v případě použití pětiosé frézky.

Po dokončení hrubovacích operací byly součásti poslány společně do externí firmy na chemicko-tepelné zpracování. Tato operace je časově závislá na externí firmě se započítaným časem zpracování objednávky a jejich vyzvednutí.

Zmíněná firma používá směs plynů jako v procesu cementace. Tento postup nasycování povrchu uhlíkem je v dnešní době nejpoužívanějším na trhu. Je jednoduchý, levný a lze jej kontrolovat v širokém rozmezí. Závity se chrání před cementací nanesením ochranné vrstvy pasty.

Následující proces po cementování je kalení. Druh použitého kalení u součástí je dvojité kalení s lomeným ochlazováním. Dosáhne se zjemnění jádra a tvrdé povrchové vrstvy.

Posledním krokem ve výrobních postupech je dokončovací operace broušení. Na součástech byly dokončeny funkční plochy s ohledem na požadavky geometrické tolerance a drsností povrchů.

Na závěr jsou součásti vizuálně a rozměrově zkontrolovány a předány na expedici, která zajistí zakonzervování, zabalení a odeslání k zákazníkovi.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

- [1] E-ŽELEZNÁ KNIHA. *Ferona: Velkoobchod s hutním materiálem* [online]. 2018 [cit. 2018-11-01]. Dostupné z: [http://www.ferona.cz/cze/katalog/mat\\_normy.php](http://www.ferona.cz/cze/katalog/mat_normy.php)
- [2] KONSTRUKČNÍ OCEL ČSN 14 220. *JKZ BUČOVICE A.S.* [online]. 2010 [cit. 2018-11-01]. Dostupné z: <http://jkz.cz/node/220>
- [3] 1.7131 (16MnCr5, 14 220). *PRECIZ, s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2018-11-01]. Dostupné z: <http://www.preciz.cz/sluzby-hlavni/material-normal/1.7131>
- [4] *Ocel 14 220* [online]. [cit. 2018-11-01]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/databaze\\_modelu\\_soubory/ocel\\_14220.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/databaze_modelu_soubory/ocel_14220.pdf)
- [5] LEINVEBER, Jan a Pavel VAVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 3. dopl. vyd. Uvaly: ALBRA, 2006, xiv, 914 s. ISBN 80-7361-033-7.
- [6] ZEMČÍK, Oskar. *TECHNOLOGICKÉ PROCESY – část obrábění: UČEBNÍ TEXTY KOMBINOVANÉHO BAKALÁŘSKÉHO STUDIA* [online]. [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TechnProcesy.pdf>
- [7] HUMÁR, Anton. *TECHNOLOGIE I: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 1. část. Brno, 2003.* [online]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. [cit. 2019-01-05]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-1cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf)
- [8] Rozdělení nožů podle vykonávané soustružnické práce. *Ostravská univerzita* [online]. [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <https://www.osu.cz/dokumenty/proportal/pdf/kpv/soustruzeni/03015.html>
- [9] PROKOP, Jaroslav. DTB TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ. In: *SlidePlayer* [online]. Brno [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/3078782/>.
- [10] Soustružnické nože HM 25 mm, sada - 5 ks. *Značkové nářadí s.r.o.: Prodej a servis profesionálního nářadí* [online]. 2019 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <https://www.znackove-naradi.eu/soustruznicke-noze-hm-25-mm-sada-5-ks-109383.html#description>
- [11] Hrotový soustruh SV18 RA. Tumlikovo: Metal Cutting Technologies [online]. 2010 [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/rubriky/stroje-2/soustruh/sv18/>

FSI VUT	DIPLOMOVÁ PRÁCE	List 56
---------	-----------------	---------

- [12] DE VOS, Patrick. Příručka pro technology: Kompenzační přístup při frézování – poloha frézy. *MM* [online]. 10.04.2013, 2013(4) [cit. 2019-01-06]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/prirucka-pro-technology-kompenzacni-pristup-pri-frezovani-poloha-frezy.html>
- [13] Nářadí NAKOL s.r.o. *MM* [online]. 2013, 2013(4) [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <https://www.nakol.cz/freza-valcova-celni---kratka-140618-2-brity-do-stredu>
- [14] DUDA, Tomáš. *Výroba součástí příruba*. Brno, 2016. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.
- [15] PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009, 247 s. ISBN 978-80-214-4025-8.
- [16] HUMÁR, Anton. *TECHNOLOGIE I: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 2. část. Brno, 2004.* [online]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-2cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf)
- [17] KOCMAN, Karel. Technologie obrábění. 2. vyd. Brno: CERM, 2005, 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
- [18] Nástroje na otvory. *Nářadí a nástroje s.r.o.* [online]. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: [https://naradinastrojeuh.cz/nastroje\\_otvory.php](https://naradinastrojeuh.cz/nastroje_otvory.php)
- [19] HUMÁR, Anton. *TECHNOLOGIE I: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 3. část. Brno, 2005.* [online]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-1cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf)
- [20] *Třískové obrábění II: Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích* [online]. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/6886889/>
- [21] Brousíci kotouče ploché s keramickou vazbou [online]. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z <http://www.brousici-nastroje.cz/kategorie/brousici-kotouce-ploche-s-keramickou-vazbou>
- [22] Diamantové kotouče [online]. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <http://www.diama.cz/diamantove-kotouce.html>
- [23] VAVŘIK, I.; BLECHA, P.; HAMPL, J. Výrobní stroje a zařízení-Sylabus přednášek pro kombinované bakalářské studium [online]. 1. vydání. 2002 [cit. 2018-01-10]. Dostupný z: [http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/hvs\\_vyrobnni\\_stroje\\_a\\_zarizeni\\_novotny.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/hvs_vyrobnni_stroje_a_zarizeni_novotny.pdf) >.
- [24] Tvrdé chromování. *BOMEX s.r.o* [online]. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <https://www.bomex.cz/technologie/tvrde-chromovani>



- [25] VĚCHET, Stanislav a NĚMEC, Karel. *Tepelné zpracování oceli* [online]. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/2810347/>
- [26] Chemicko-tepelné zpracování kovu. *Tumlikovo: Metal Cutting Technologies* [online]. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/rubriky/procesy/chemicko-tepelne-zpracovani-kovu/cementovani/>
- [27] Další druhy kalení. *Tumlikovo: Metal Cutting Technologies* [online]. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/dalsi-druhy-kaleni/>
- [28] PRIKNER, Otakar a SALABOVÁ, Petra. *Popouštění ocelí v praxi*. [online]. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/11491839/>
- [29] ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA: ICS 25.100.01 [online]. [cit. 2019-01-09]. Dostupné z: [http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html\\_nahledy/22/74938/74938\\_nahled.htm](http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html_nahledy/22/74938/74938_nahled.htm)
- [30] HUMÁR, Anton. *MATERIÁLY PRO ŘEZNÉ NÁSTROJE. Brno, 2006.* [online]. [online]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/mat\\_pro\\_rez\\_nastroje/materialy\\_pro\\_rezne\\_nastroje\\_v2.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/mat_pro_rez_nastroje/materialy_pro_rezne_nastroje_v2.pdf)
- [31] Nástrojové materiály. ELUC [online]. [cit. 2019-01-08]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1206>
- [32] Dokončovací soustružení s použitím cermetových materiálů [online]. [cit. 2019-01-10]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/dokoncovaci-soustruzeni-s-pouzitim-cermetovych-materialu.html>
- [33] Plátky PKD. *VERKO* [online]. [cit. 2019-01-10]. Dostupné z: <https://www.verko.cz/platky-pkd-pkd-tirowave-twm-9628/>
- [34] Nástrojové materiály. *SANDVIK Coromant* [online]. [cit. 2019-01-10]. Dostupné z: [https://www.sandvik.coromant.com/cscz/knowledge/materials/cutting\\_tool\\_materials/polycrystalline\\_cubic\\_boron\\_nitride/pages/default.aspx](https://www.sandvik.coromant.com/cscz/knowledge/materials/cutting_tool_materials/polycrystalline_cubic_boron_nitride/pages/default.aspx)
- [35] Výrobní operace. *Řízení výroby a skladů Nettocontrol* [online]. [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <http://www.nettocontrol.cz/1033-vyrobní-operace.html>
- [36] Technický popis stroja MCV 754 QUICK. *STROJE SLOVAKIA* [online]. 2009 [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <http://www.strojeslovakia.sk/kovoobrabaciastroje/product/1808-MCV-754-QUICK/>
- [37] MCV-1016 QUICK. *Wiktori s.r.o* [online]. [cit. 2019-01-10]. Dostupné z: [www.wiktori.cz/cs/53-mcv-1016-quick.html](http://www.wiktori.cz/cs/53-mcv-1016-quick.html)

- [38] MCV 1016 QUICK. *MAS: Kovosvit MAS* [online]. 2015 [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <http://www.kovosvit.cz/upload/products/pdf/mcv-1016-quick-1421740659.pdf>
- [39] Bruska / Hrotová / BHU 32. *FERMAT* [online]. 2010 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.fermatmachinery.com/pouzite-stroje/bruska/hrotova/bhu-32-cs-142303/>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka / symbol	Jednotka	Popis
<b>C</b>	[-]	uhlík
<b>Cr</b>	[-]	chrom
<b>P</b>	[-]	fosfor
<b>S</b>	[-]	síra
<b>Si</b>	[-]	křemík
<b>ČSN</b>	[-]	česká statní norma
<b>EN</b>	[-]	evropská norma
<b>HB</b>	[-]	tvrdost dle Brinella
<b>ISO</b>	[-]	mezinárodní norma
<b>Mn</b>	[-]	mangan
<b>Mn-Cr</b>	[-]	mangan-chrom
<b>°C</b>	[-]	stupně celsia
<b>VBD</b>	[-]	výměnná břitová destička
<b>D<sub>0</sub></b>	[mm]	minimální průměr polotovaru
<b>D<sub>0x</sub></b>	[mm]	průměr
<b>D<sub>c</sub></b>	[mm]	průměr frézy
<b>D<sub>max</sub></b>	[mm]	největší průměr součásti
<b>L<sub>0x</sub></b>	[mm]	celková délka
<b>R<sub>m</sub></b>	[MPa]	mez pevnosti
<b>Re</b>	[MPa]	mez kluzu
<b>a<sub>p</sub></b>	[mm]	hloubka záběru třísky
<b>v<sub>c</sub></b>	[m.min <sup>-1</sup> ]	řezná rychlost
<b>v<sub>f</sub></b>	[m.min <sup>-1</sup> ]	posuvová rychlost
<b>v<sub>e</sub></b>	[m.min <sup>-1</sup> ]	rychlost řezného pohybu
<b>n</b>	[min <sup>-1</sup> ]	otáčky obrobku
<b>f<sub>n</sub></b>	[mm]	posuv na otáčku
<b>f<sub>z</sub></b>	[mm]	posuv na zub
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	[-]	oxid hlinitý

Zkratka / symbol	Jednotka	Popis
<b>SiC</b>	[-]	karbid křemíku
<b>Al</b>	[-]	hliník
<b>CNC</b>	[-]	computer numerical control
<b>Co</b>	[-]	kobalt
<b>Cu</b>	[-]	měď
<b>DIN</b>	[-]	deutsche Industrie Norm
<b>m</b>	[kg]	hmotnost
<b>rep = rε</b>	[mm]	poloměr zaoblení špičky
<b>s</b>	[mm]	tloušťka
<b>TiC</b>	[-]	karbid titanu
<b>TaC</b>	[-]	karbid tantalu
<b>NbC</b>	[-]	karbid niobu
<b>Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub></b>	[-]	karbid chromu
<b>λ<sub>s</sub></b>	[°]	nástrojový uhel sklonu hlavního ostří
<b>γ<sub>o</sub></b>	[°]	nástrojový ortogonální úhel čela
<b>κ<sub>r</sub></b>	[°]	nástrojový úhel nastavení ostří
<b>Pa</b>	[-]	jednotka tlaku
<b>PKD</b>	[-]	polykrystalický diamant
<b>Ø</b>	[-]	průměr
<b>KNB</b>	[-]	kubický nitrid boru
<b>SK</b>	[-]	slinutý karbidy

**SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha 1 Výkres součásti č. 1 ,ADAPTER‘ (č. výkresu 01-A3-01-12).
- Příloha 2 Postup opravy součásti č. 1 ,ADAPTER‘ (č. výkresu 01-A3-01-12).
- Příloha 3 Postup výroby součásti č. 1 ,ADAPTER‘ (č. výkresu 01-A3-01-12).
- Příloha 4 Výkres součásti č. 2 ,GRUNDANSCHLAG‘ (č. výkresu 01-A3-02-12).
- Příloha 5 Postup opravy součásti č. 2 ,GRUNDANSCHLAG‘ (č. výkresu 01-A3-02-12).
- Příloha 6 Postup výroby součásti č. 2 ,GRUNDANSCHLAG‘ (č. výkresu 01-A3-02-12).
- Příloha 7 Výkres součásti č. 3 ,ZENTRIERCHEIBE‘ (č. výkresu 01-A3-03-02).
- Příloha 8 Postup opravy součásti č. 3 ,ZENTRIERCHEIBE‘ (č. výkresu 01-A3-03-02).
- Příloha 9 Postup výroby součásti č. 3 ,ZENTRIERCHEIBE‘ (č. výkresu 01-A3-03-02).

[illegible]

Příloha 3		VÝROBNÍ POSTUP		Název celku : LIS	Název skupiny : UPÍNAČ	Název součástky : ADAPTER	Číslo výkresu 01-A3-01-12 součásti :	Datum vydání postupu : 19.03.2019		
Dne: 19.3.2019		Vyhotovil : Duda		Kontroloval: Ing. Jaroš		Polotovary: Válcová tyč Ø95 ČSN 425510		loD= 131 mm		Číslo listu : 1
Číslo op. pořadové :	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílňa :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravy, měřidla, pomůcky :	Výrobní podmínky :					
	Orientační:				Třídící číslo :	v <sub>c</sub> [m/min]	n f	a <sub>c</sub> a <sub>p</sub>	l i	t <sub>AS</sub> [min/ks] t <sub>AC</sub> [min/ks]
1	Soustruh	A	Upnout polotovary do sklíčidla za vnější průměr;	Vnější nůž pravý						
	SV18RA		začistit a zarovnat čelo na rozměr 129+0,5 mm;	VBD SECO						
	14125		soustružit vnější průměr Ø87,5-0,2 mm;	WNMG060408-MF1						
			otočit a upnout polotovary za vnější osoustružený průměr;	Tělo nože SECO						
			zarovnat druhé čelo na délku 126,7±0,1 mm hotově;	PWLN2020K06						
			soustružit zbytek vnějšího průměru Ø87,5-0,2 mm hotově;	NC Středící vrták						
			navrtat středící důlek;	WNT 10 703006						
			vrtat otvor Ø6 mm v celé délce hotově;	Vrták Ø6 WNT						
			vrtat otvor Ø15 mm v délce 77,7±0,1 mm hotově;	WTX-FEED-UNI.6.R.5D.IK						
			soustružit otvor Ø20H7 mm s přídavkem na dokončení	.HADPZ74S						
			na Ø19,7±0,1 mm v délce 50±0,1 mm;	Vrták Ø15 WNT						
			soustružit otvor Ø36±0,2 mm v délce 15±0,1 mm hotově;	WTX-FEED-UNI.15.R.5D.IK						
			soustružit otvor Ø67H7 mm s přídavkem na dokončení	.HADPZ74S						
			na Ø66,6±0,1 mm v délce 12±0,1 mm;	Vnitřní nůž pravý						
			soustružit vnitřní zápich Ø19+0,05 mm hotově na Ø20H7 mm	VBD SECO						
			včetně Ø18±0,1 mm;	CCMT09T308-MF2						
			soustružit vnitřní zápich R4 na Ø20H7 mm hotově;	Tělo nože SECO						
			technologicky soustružit zápich F2,5x0,3 na vnitřním průměru Ø67H7 mm;	A20R-SCLCR09						
			soustružit nekotovaná sražení 0,5x45° hotově;	Vnitřní zapichovací nůž						
			uvolnit, otočit a upnout polotovary za vnější průměr;	Použít dle dostupnosti skladu						
			vrtat otvor Ø8H7 mm v délce 30±0,1 mm s přídavkem na	Dokončovací vnitřní nůž						
			dokončení na Ø7,8±0,1 mm;	pravý						
				VBD SECO						
			uvolnit, upnout polotovary do za vnější průměr v max. délce 18 mm,	DNMU110408-MF2						
			podepřít volný konec pinolou;	Tělo nože SECO						
			soustružit vnější průměr Ø60f7 mm s přídavkem na	S25T-PDUNR11						
			dokončení na Ø60,3±0,1 mm v délce 106,7±0,1 mm;	Vrták Ø8 WNT						
			soustružit vnější průměr Ø44±0,2 mm v délce 94,7±0,1 mm	WTX-FEED-UNI.8.R.5D.IK						
			hotově;	.HADPZ74S						

Příloha 3		VÝROBNÍ POSTUP		Název celku : LIS	Název skupiny : UPÍNAČ	Název součástky : ADAPTER	Číslo výkresu součásti : 01-A3-01-12	Datum vydání postupu : 19.03.2019		
Dne: 19.3.2019		Vyhotovil : Duda		Kontroloval: Ing. Jaroš		Polotovary: Válcová tyč Ø95 ČSN 425510		loD= 131 mm		Číslo listu : 2
Číslo op. pořadové :	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílna :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravy, měřidla, pomůcky :	Výrobní podmínky :					
					v <sub>c</sub> [m/min]	n f	a <sub>c</sub> a <sub>p</sub>	l i	t <sub>AS</sub> [min/ks] t <sub>AC</sub> [min/ks]	t <sub>BC</sub> [min]
1	Soustruh	A	soustružit vnější průměr Ø34f7 mm s přídavkem na dokončení	Dokončovací vnější nůž						
	SV18RA		na Ø34,3±0,1 mm v délce 61,9 včetně	pravý						
	14125		kuželů na Ø33 se sražením 15° a 25° dle výkresu;	VBD SECO						
			soustružit vnější průměr Ø20 mm v délce 40±0,1 mm včetně	VBMT160408-F1						
			zápichu pod závit.	Tělo nože SECO						
			soustružit vnější průměr Ø15f7 mm s přídavkem na dokončení	SVLBR 2020 K16						
			na Ø15,4±0,1 mm v délce 13±0,1 mm;	Vnější zapichovací nůž						
			soustružit vnější zápich Ø32±0,05 mm hotově na vnějším	Použít dle dostupnosti skladu						
			průměru Ø34f7 mm;	Vnější zavítovací nůž						
			soustružit vnější zápich Ø12±0,05 mm hotově na vnějším	VBD SECO						
			průměru Ø15f7 mm;	16ER2.5ISO						
			soustružit sražení 2,5x45° při vnějším průměru Ø20 mm v hotově;	Tělo nože SECO						
			technologicky soustružit zápich F2,5x0,3 na vnějším	CER2020K16HD						
			průměru Ø60f7 mm;	Posuvné měřidlo						
			soustružit závit M20 v délce 40 mm;	KINEX 150 mm						
			odepnout, očistit a zkontrolovat rozměry dle výkresové	6041-25-150						
			dokumentace;							
2	Frezka	B	upnout polotovary do sklíčidla za vnější průměr;	NC Středící vrták						
	MAS		navrtat 3x středící důlek pro otvor pod závit M4 na	WNT 10 703006						
	MCV 1016 quick		vnějším průměru Ø33±0,5 mm;	Vrták Ø3,3 WNT						
	45215		navrtat 3x středící důlek pro otvor pod závit M4 na pravém čele;	WTX-FEED-UNI.3,3.R.5D.IK						
			na roztečné kružnici Ø30±0,1 mm;	.HADPZ74S						
			navrtat 8x středící důlek pro otvor pod závit M6 na pravém čele;	Vrták Ø5,2 WNT						
			na roztečné kružnici Ø77±0,1 mm;	WTX-FEED-UNI.5,2.R.5D.IK						
			vrtat otvory pod závit M4 v délce 10,8±0,1 mm;	.HADPZ74S						



[illegible]



[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]



Příloha 9		VÝROBNÍ POSTUP		Název celku : LIS	Název skupiny : UPÍNÁČ	Název součástky : ZENTRIERSCHIBE	Číslo výkresu 01-A3-03-02 součásti :	Datum vydání postupu : 19.03.2019		
Dne: 19.03.2019		Vyhotovil: Duda		Kontroloval: Ing. Jaroš		Polotovary: Válcová tyč Ø140 ČSN 425511		loD= 36,5 mm		Číslo listu : 1
Číslo op. pořadové :	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílňa :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	Výrobní podmínky :					
	Orientační:				Třídící číslo :	v <sub>c</sub> [m/min]	n f	a <sub>c</sub> a <sub>p</sub>	l i	t <sub>AS</sub> [min/ks] t <sub>AC</sub> [min/ks]
1	Soustruh	A	Upnout polotovary za vnější průměr;	Vnější nůž pravý						
	SV18RA		zarovnat čelo na délku 34,5+0,5 mm;	VBD SECO						
	14125		soustružit vnější průměr na Ø132±0,2 mm;	WNMG 060408 - MF1						
			uvolnit, otočit a upnout polotovary za vnější osoustružený průměr;	Tělo nože SECO						
			zarovnat druhé čelo na délku 32,5+0,1 mm hotově;	PWLNK 2020 K06						
			soustružit zbytek vnějšího průměru na Ø132±0,2 mm;	NC Středící vrták						
			navrtat středící důlek;	WNT 10 703006						
			předvrtat otvor Ø15±0,5 mm v celé délce;	Vrták Ø15 WNT						
			soustružit otvor Ø44±0,2 mm v celé délce hotově;	WTX-FEED-UNI.15.R.5D.IK						
			soustružit otvor Ø48H7 mm s přídavkem na dokončení	.HADPZ74S						
			na Ø47,7±0,1 mm v délce 24,5±0,1 mm;	Vnitřní nůž pravý						
			soustružit otvor Ø50±0,1 mm v délce 9±0,1 mm hotově;	VBD SECO						
			soustružit vnější průměr Ø96g6 mm s přídavkem na dokončení	CCMT09T308-MF2						
			na Ø96,3±0,1 mm v délce 13±0,1 mm;	Tělo nože SECO						
			soustružit vnější průměr Ø57f7 mm s přídavkem na dokončení	A20R-SCLCR09						
			na Ø57,3±0,2 mm v délce 9±0,1 mm;	Dokončovací vnitřní nůž						
			soustružit sražení 2x45° při otvoru Ø50±0,1 mm;	pravý						
			soustružit nekotovaná sražení 0,5x45° hotově;	VBD SECO						
			technologicky soustružit zápich F1,5x0,2 na Ø96g6 mm;	DNMU110408-MF2						
			technologicky soustružit zápich F1,5x0,2 na Ø57f7 mm;	Tělo nože SECO						
			technologicky soustružit vnitřní zápich F2,5x0,3 na Ø48H8 mm;	S25T-PDUNR11						
			uvolnit, otočit a upnout polotovary za otvor;	Dokončovací vnější nůž						
			soustružit vnější průměr Ø130g6 s přídavkem na dokončení	pravý						
			na Ø130,3±0,1 mm;	VBD SECO						
			soustružit vnější průměr Ø67f7 mm s přídavkem na dokončení	VBMT160408-F1						
			na Ø67,3±0,1 mm v délce 10+0,2 mm;	Tělo nože SECO						
			soustružit zápich pro O-kroužek Ø63,6±0,05 mm hotově na	SVLBR 2020 K16						
	;		vnějším průměru Ø67f7 mm.							



[illegible]